



VI CONGRESO INTERNACIONAL XVIII CONGRESO NACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

# Memoria

1 y 2 de Diciembre de 2022



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**  
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS



## Directorio

### Universidad Autónoma Chapingo

**Dr. Ángel Garduño García**  
Rector Interino

**M.C. Domingo Montalvo Hernández**  
Director General Académico

**Dra. Eloisa Vidal Lezama**  
Directora General de Investigación y Posgrado

**Mtro. José Guadalupe Pérez Elizalde**  
Director General de Administración

**Dr. Samuel Pérez Nieto**  
Director General de Patronato

**Dra. Fabiola García Hernández**  
Directora General de Difusión Cultural y Servicio

### Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

**Dr. José Manuel Cisneros Vázquez**  
Vicerrector

**M.C. Oscar Esquivel Arriaga**  
Subdirector Académico

**Dr. Marco Andrés López Santiago**  
Subdirector de Investigación

**Dr. Jorge Alberto Ortiz Salazar**  
Subdirector Administrativo

**Dr. Pablo Arenas Báez**  
Subdirector de Patronato

**Ing. Fernando Simental Rentería**  
Jefe de Servicios Generales y Asistenciales



VI CONGRESO  
INTERNACIONAL XVIII CONGRESO  
NACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

## **Memoria:**

### **Ponencias Orales y Carteles**

#### **Compiladores:**

Gonzalo Hernández Ibarra, Armando López Santos, Miguel Ángel Mata Espinosa, Ricardo Trejo Calzada, Oscar Esquivel Arriaga, Fabián García González, Marco Andrés López Santiago.



## **Coordinador General**

Dr. Marco Andrés López Santiago

## **Comité Organizador**

M.C. Oscar Esquivel Arriaga

Dr. Fabián García González

M.C. Gonzalo Hernández Ibarra

Dr. Armando López Santos

Dr. Miguel Ángel Mata Espinosa

Dr. Ricardo Trejo Calzada

Primera Edición: Diciembre de 2022.

DR © Universidad Autónoma Chapingo

km 38.5 Carretera México - Texcoco

Chapingo Texcoco, Edo. De México, C.P. 56230

Tel. 01(595)9521500 Ext. 5142

Publicado por:

Universidad Autónoma Chapingo

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

Coordinación Editorial

C.P. 35230

Bermejillo, Dgo.

Teléfonos: 871 980 13 40 al 56 y 871 980 00 66 al 69

e-mail: rebiza@chapingo.uruza.edu.mx



## **Revisores**

El Comité Organizador, agradece especialmente a los revisores de los trabajos de investigación, ya que sin su colaboración no hubiera sido posible la elaboración de este documento.

Dr. Gonzalo Abelino Torres

Dr. Jesús G. Arreola Ávila

M. C. Rafael Carrillo Flores

M.C. Cristóbal Hernández Bautista

M.C. Fabián Rosales Noriega

M.C. Gonzalo Hernández Ibarra

Dr. Miguel Ángel Mata Espinosa

M.C. Sandra Maciel Torres

Dr. Ricardo Trejo Calzada

Dr. Luis Gerardo Yáñez Chávez

Dr. Emmanuel Roblero Méndez

Dr. Armando López Santos



## Presentación

Hoy en día, la humanidad enfrenta eventos que ponen en riesgo su propia existencia: cambio climático, sobre aprovechamiento y degradación de los recursos naturales, desertificación, escasez del agua, contaminación de los ecosistemas, entre otros. Es clave generar conciencia, sensibilizar a la humanidad empezando desde las instituciones de educación superior, para conseguir ampliar la base poblacional consciente de la relación bidireccional que existe entre el cambio climático y la actividad agropecuaria.

De esta manera, la Universidad Autónoma Chapingo a través de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas y en conjunto con otras instituciones enseñanza e investigación han realizado con éxito durante 17 años consecutivos el Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, y por sexto año el evento a nivel internacional para contribuir al análisis de las problemáticas trascendentales.

En este **VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas**, se pretende establecer un espacio para investigadores, académicos, profesionistas, productores, estudiantes, sociedad civil e interesados, con fin de difundir y debatir los resultados de investigación relacionados con los sistemas de producción agropecuarios y aprovechamiento de recursos naturales de zonas áridas.

Atte.

**Comité Organizador**



## Conferencistas Magistrales

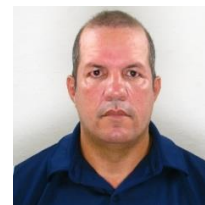
### **Dr. Ángel Almarales Arceo**

Director General Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible.  
Guantánamo, Cuba.



### **MSc. Ricardo Estévez Gilbert**

Director del Sector de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía, CITMA/CATEDES.  
Guantánamo, Cuba.



### **Dra. Guadalupe Calderón Leyva**

Jefa del Programa de Doctorado en Ciencias en Producción Agropecuaria.  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro



### **Dr. Juan Walter Tudela Mamani**

Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Económica,  
Puno, Perú.



### **Ing. Miguel Cortéz Gamez**

Director General Magnetics Industries 205





**Nota Importante:**

La redacción y contenidos de los trabajos de investigación son responsabilidad del (los) autor (es).





## Ponencias Orales

DINÁMICA DE EXTRACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO DE MANZANA ( <i>Malus domestica</i> ).....	1
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE DOS CULTIVARES DE CHILE ( <i>Capsicum annuum</i> L.) EN CONDICIONES ÓPTIMAS Y SUBÓPTIMAS DE HUMEDAD DEL SUELO .....	7
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE TRES GENOTIPOS DE <i>Lotus corniculatus</i> L. EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO.....	10
RESPUESTAS EN MORFOLOGÍA Y CRECIMIENTO DE MEZQUITE ( <i>Prosopis laevigata</i> ) A DIFERENTES FORMAS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN VIVERO .....	15
ESTIMACIÓN DE BIOMASA FORESTAL AÉREA EN BOSQUE DE HAYA ( <i>Fagus sylvatica</i> ) UTILIZANDO DIFERENTES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DASOMÉTRICA .....	21
INTEGRACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO, VALOR NUTRICIONAL Y FITOSANIDAD DEL FORRAJE DE MAÍZ PARA ENSILAJE .....	27
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE GENOTIPOS DE <i>Lotus corniculatus</i> L., AL VARIAR LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN .....	34
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE TRITICALE ( <i>x-Triticosecale Wittmack</i> ) Y CEBADA ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) COSECHADOS A DIFERENTES EDADES DE LA PLANTA.....	38
RENDIMIENTO ESTACIONAL DE TRES ESPECIES FORRAJERAS EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO.....	43
EFFECTO DE LAS RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE EL DESARROLLO DE <i>Carya illinoensis</i> (W.) K. BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS SALINO.....	48
EVALUACIÓN DE CARBONO EN SUELOS IRRIGADOS CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA UNIDAD DE RIEGO METROPOLITANO, CHIHUAHUA, MÉXICO .....	53
MODELACIÓN HIDROLÓGICA PARA DETERMINAR ÁREAS SUSCEPTIBLES DE IMPACTO FÍSICO EN LA CUENCA DEL RÍO CHARTE CASANARE, COLOMBIA.....	59
EVALUACIÓN DE TRES INOCULANTES EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ CRIOLLO ( <i>Zea mays</i> ) MEDIANTE EL ANÁLISIS MOLECULAR Y BIOINFORMÁTICO DEL MICROBIOMA RIZOSFÉRICO BACTERIANO.....	64
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE ZACATE BANDERITA [ <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.] .....	69
RESPUESTAS MORFO-FISIOLÓGICAS EN PLANTAS DE <i>Agave durangensis</i> Gentry AL AMBIENTE LUMÍNICO .....	74



LA GANADERIA DE TRASPATIO EN COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE MAPIMÍ, DURANGO, MÉXICO.....	80
ANÁLISIS DEL ESPACIADOR INTERNO TRANSCRITO 3/4 EN NOGALES DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE NOGAL PECANERO ( <i>Carya illinoensis</i> ).....	86
RECONSTRUCCIÓN HIDROCLIMÁTICA CON BASE EN ANILLOS DE CRECIMIENTO DE <i>Pinus leiophylla</i> Schl. & Cham .....	93
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CH6, NUEVO CLON DE AJO JASPEADO PARA ZACATECAS, MÉXICO.....	98
ESTABLECIMIENTO <i>IN VITRO</i> DE PITAHAYA EN MEDIO SÓLIDO Y LÍQUIDO CON ESPECTROS DE ILUMINACIÓN LED.....	102
LAS MICORRIZAS TIPO COMERCIAL ASOCIADAS A LOS ABONOS ORGÁNICOS SOLARIZADOS EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE UN HÍBRIDO DE JITOMATE ( <i>Solanum lycopersicum</i> Mill.), BAJO INVERNADERO EN OTOÑO.....	107
EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CONEJOS ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> ) NUEVA ZELANDA Y CRUZAS CON GIGANTE DE FLANDES, EN ACULCO ESTADO DE MEXICO .....	113
EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO, EL COVID-19, Y OTROS FACTORES CLAVE, EN LA AGRICULTURA DE SECANO DEL NORTE DE MÉXICO.....	117
COBERTURA VEGETAL A PARTIR DE LA VARIACIÓN DEL RIEGO .....	119
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE UN HÍBRIDO DE CHILE JALAPEÑO ( <i>Capsicum annuum</i> L.), CON ABONOS ORGÁNICOS ASOCIADOS A MICORRIZAS COMERCIALES Y UNA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN CAMPO .....	124
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE <i>Lotus corniculatus</i> L., EN RESPUESTA A LA FRECUENCIA DEL CORTE .....	130
QUESOS PETIT SUISSE DIFERENCIADOS: PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR E IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES.....	134
HYMENOPTEROS PARASITOIDES ASOCIADOS A PLANTAS ARVENSES DE MAÍZ FORRAJERO .....	142
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA OCURRENCIA DE <i>Fusarium</i> spp., EN UN SUELO CULTIVADO CON <i>Agave tequilana</i> WEBER VAR. AZUL.....	147
MONITOREO FENOLÓGICO EN MAÍZ USANDO IMÁGENES SATELITALES PARA LA MEJORA DEL SERVICIO DE RIEGO.....	152
IDENTIFICACIÓN DE BEGOMOVIRUS Y ZEBRA CHIP ENCONTRADOS EN PLANTAS DE CHILE CULTIVADAS EN TABASCO, ZACATECAS .....	157
EFICIENCIA MATERNA DE HEMBRAS CAPRINAS EMPADRADAS A LOS 9 MESES: CALIDAD DE CALOSTRO.....	163



ANÁLISIS BENEFICIO COSTO SOBRE EL IMPACTO DEL CONSUMO DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA SOBRE EFICIENCIA LÁCTEA EN CABRAS .....	169
EVALUACIÓN DE DOS COLORES DE ACOLCHADO PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN TOMATE DE INVERNADERO EN IMBABURA, ECUADOR. .....	176
SEDIMENTOS EROSIONADOS POR EL VIENTO DE SUELOS DE LA COMARCA LAGUNERA BAJO CONDICIONES CONTROLADAS.....	182
IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ZONAS ÁRIDAS MEDIANTE ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. CASO DE ESTUDIO: REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA NOROESTE, MÉXICO.....	187



## Carteles

PAQUETE TECNOLÓGICO DEL PRODUCTOR DE MAÍZ GRANO EN LA REGIÓN MENONITA DE CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA.....	193
EFFECTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LA MATERIA ORGANICA Y HUMEDAD DEL SUELO .....	199
AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: ALTERNATIVA PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO DE MÉXICO .....	202
EFFECTO DEL AGUA IONIZADA EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ FORRAJERO ( <i>Zea mays</i> ) EN EL RANCHO EL CARMEN, BERMEJILLO, DURANGO .....	208
CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS ALTERNATIVO AL GLIFOSATO EN NOGAL PECANERO ..	214
DENSIDAD DE SIEMBRA Y ARREGLOS TOPOLÓGICOS AFECTAN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL PINTO SALTILLO .....	220
PÉRDIDAS PROVOCADAS POR <i>Fusarium</i> Spp. EN PLANTAS DE AJO EN AGUASCALIENTES..	223
RESPUESTAS FISIOLÓGICAS AL DÉFICIT HÍDRICO EN DOS CULTIVARES DE CHILE ( <i>Capsicum annum</i> L.) .....	228
CALIDAD NUTRICIONAL DE PASTA ELABORADA CON TRIGO Y COTILEDONES DE FRIJOL NEGRO SAN LUIS.....	231
CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL MAIZ ( <i>Zea mais</i> L.) BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA DE ESCORRENTÍA EN ZONAS ÁRIDAS .....	236
CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL SORGO ( <i>Sorghum</i> spp.) BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA DE ESCORRENTÍA EN ZONAS ÁRIDAS .....	239
HUERTOS FAMILIARES EN COMUNIDADES DE PERIFERIA URBANA: UNA EXPERIENCIA DE VINCULACIÓN .....	242
EFFECTO DEL MANEJO AGROECOLÓGICO DE NOGAL SOBRE LOS DEPÓSITOS DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO .....	246
BIOINDICADORES DEL IMPACTO DE DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA CALIDAD DEL SUELO EN ZONAS SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO .....	251
PASTAS ADICIONADAS CON HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL NEGRO MEJORAN EL PERFÍL LIPÍDICO DE RATAS INDUCIDAS CON DIABETES TIPO 2 .....	257
SÍNTESIS DIFERENCIADA DE FENIL PROPANOIDES EN DIFERENTES TEJIDOS DE PLANTAS DE CHILE MIRASOL .....	262



CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO DIGERIBLES EN CHILE MIRASOL SECADO POR DIFERENTES MÉTODOS.....	266
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS FENÓLICOS EN TEJIDO FOLIAR DE CHILE ANCHO POR EFECTO DE LA INFECCIÓN CON FITOPLAMAS.....	271
EFECTO DEL USO DE UN BIOESTIMULANTE EN EL ÁREA FOLEAR DE PLANTAS DE FRIJOL ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .....	275
DIFERENCIA EN CRECIMIENTO DE PINTO SALTILLO Y PINTO SAN RAFAEL EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA.....	279
ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA EN CULTIVO FORRAJERO, CON EL USO DE RPAS Y SENSOR MULTIESPECTRAL. ....	283
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA <i>IN VITRO</i> DE CUATRO ESPECIES ARVENSES EN EL CONTROL DE MOSCA BLANCA ( <i>Bemisia tabaco</i> MEAM1) .....	289
SEGUIMIENTO DE RIEGO A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN EN EL DISTRITO DE RIEGO 017.....	295
DISMINUCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE AJO PROVOCADO POR LA PRESENCIA DE FITOPLASMAS EN FRESNILLO, ZACATECAS.....	300
MATERIA SECA EN PLANTULA DE CHILE TIPO MIRASOL POR APLICACIÓN DE <i>Glomus intraradices</i> EN SUSTRATO DE SIEMBRA .....	304
EVALUACIÓN DEL PERFIL RECALCITRANTE DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO, EN DIFERENTES MANEJOS Y PRÁCTICAS AGRÍCOLAS .....	308
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE FRAMBUESA EN AGUASCALIENTES .....	314
PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA DE DIFERENTES GENOTIPOS DE <i>Lotus corniculatus</i> L. EN CONDICIONES ÓPTIMAS Y SUBÓPTIMAS DE HUMEDAD DEL SUELO .....	318
EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE UN ÁREA DE PASTIZAL CON BASE EN INDICADORES EN LA LOCALIDAD ROMA-TEXAS DE MAPIMÍ, DURANGO .....	321
PROFUNDIDAD DE LA CINTA DE RIEGO Y ESTIÉRCOL SOLARIZADO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE MAÍZ FORRAJERO .....	325
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y GRANO EN TRITICALE ( <i>X Triticosecale</i> Witt.).....	331
EFECTO DE MICROTUNELES DE POLIPROPILENO Y ACOLCHADO CON PLÁSTICOS DE COLORES EN EL VIRUS DEL AMARILLAMIENTO Y ACHAPARRAMIENTO DE LAS CUCURBITÁCEAS EN MELÓN .....	339
MILDIÚ VELLOSO EN MELÓN CON MICROTUNELES Y ACOLCHADO CON PLÁSTICOS DE COLORES .....	342
<i>Trichoderma</i> spp COMO TRATAMIENTO A LA SEMILLA DE ALFALFA PARA EL MANEJO DE <i>Rhizoctonia solani</i> Y <i>Fusarium</i> spp.....	346



CIRCUNFERENCIA ESCROTAL EN CAPRINOS JÓVENES DE LAS RAZAS ALPINA, SAANEN, NUBIA Y BOER.....	349
CURVAS DE CRECIMIENTO EN MACHOS CAPRINOS DE LAS RAZAS ALPINA, SAANEN, NUBIA Y BOER EN CONDICIONES DE CONFINAMIENTO .....	354
ESTABILIDAD SEROLÓGICA EN MUESTRAS DE <i>Brucella abortus</i> SOMETIDAS A CONGELAMIENTO PARA USO COMO CONTROL EN LA PRUEBA DE FLUORESCENCIA POLARIZADA.....	358
RESPUESTAS CORRELACIONADAS ENTRE EL PESO AL NACIMIENTO, NIVEL DE INMUNIDAD, ESTADO DE SALUD Y DESARROLLO AL DESTETE EN BECERRAS HOLSTEIN DE LA COMARCA LAGUNERA .....	364
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE MEZQUITE ( <i>Prosopis laevigata</i> Humb. et Bonpl. ex Willd) EN EL ESTADO DE DURANGO .....	371
COMPORTAMIENTO DE LA CLIMATOLOGÍA PARA LA PRESENCIA DE <i>Moringa oleifera</i> Lam EN MÉXICO .....	375
VARIABILIDAD Y TENDENCIA DEL NDVI EN LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA.....	380
CARACTERIZACION DEL COLOR DE LA SEMILLA EN EJEMPLARES SILVESTRES DE <i>Phaseolus acutifolius</i> DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL ESTADO DE DURANGO.....	385
ESPECIES DE LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE, FUENTE DE ALIMENTO PARA LAS ABEJAS VERDES ( <i>Agapostemon spp.</i> ) EN EL VALLE DE POANAS, DURANGO, MÉXICO.....	390
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE <i>Panicum virgatum</i> , <i>Tripsacum dactyloides</i> Y <i>Sporobolus airoides</i> .....	393
<i>Prosopis</i> (MESQUITE) UNA PLANTA MEDICINAL DE ZONAS ARIDAS DEL NORTE DE MEXICO .....	400
CALIDAD DE PLANTA EN <i>Prosopis glandulosa</i> Y <i>Acacia farnesiana</i> PRODUCIDAS EN DIFERENTES TIPOS DE CONTENEDOR, EN VIVERO .....	406
AFECTACIÓN DE FRUTOS POR MOSCA NEGRA EN HIGUERA.....	412
DAÑOS POR LA ROYA ( <i>Cerotelium fici</i> ) EN HIGUERA .....	416
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y CALIDAD DE SEMILLA DE DOS BIZNAGAS DEL GÉNERO <i>Echinocactus</i> TRIBU Cacteeae (Fam.: Cactaceae).....	425
EFICIENCIA HIDRÁULICA Y VULNERABILIDAD HÍDRICA EN EL XILEMA DE <i>Quercus canbyi</i> TREL.....	432
VULNERABILIDAD ANTE EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL <i>Agave durangensis</i> .....	437
DOCE ESPECIES DE AVES RAPACES SOBRESALENTES Y ASOCIACIÓN A SITIOS DE PERCHA EN EL VALLE DE POANAS, DURANGO .....	443



ÁREA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL TROMPILLO ( <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.) EN EL ESTADO DE DURANGO.....	448
CONSTRUCCIÓN DE UNA PROPUESTA PARTICIPATIVA PARA DEFINIR EL PROGRAMA DE MANEJO DE UN INSECTO COMESTIBLE EN LA MIXTECA POBLANA .....	452
PRESENCIA DE AVES RAPACES EN EL EJIDO CINCO DE MAYO, CUENCAMÉ, DURANGO. ....	459
USO INTEGRAL DE MAGUEY ( <i>Agave salmiana</i> ) EN LA SOCIEDAD DE PRODUCCION "XAMINI" DEL CARDONAL HIDALGO .....	463
EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y PRODUCTIVA DE GERMOPLASMA DE NOPAL ( <i>Opuntia</i> sp.) PARA DOBLE PROPOSITO .....	470
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MARCO LÓGICO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL MEZQUITE ( <i>Prosopis spp.</i> ) EN ZONAS ÁRIDAS DE DURANGO .....	475
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL GUAYULE ( <i>Parthenium argentatum</i> ) EN ZONAS ÁRIDAS DE DURANGO: USO DE LA METODOLOGÍA DE MARCO LÓGICO.....	480
DESCRIPCIÓN DE CLIMAS Y DISTRIBUCIÓN DE POBLACIONES NATIVAS DE NOGAL PECANERO ( <i>Carya illinoensis</i> ) EN MÉXICO .....	485
CONTENIDO DE CLOROFILAS EN CLADODIOS REPRODUCTIVOS DE NOPAL TUNERO CULTIVADO CON Y SIN RIEGO .....	490
USO DE UN DESHIDRATADOR SOLAR RÚSTICO PARA EL DESHIDRATADO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE REBANADAS DE DURAZNO .....	493
DESCRIPCIÓN DEL SÍNTOMA DE YEMA GRANDE EN PLANTAS DE CHILE PARA SECADO EN AGUASCALIENTES Y ZACATECAS .....	499
REACCIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO A LA PUDRICIÓN DE LA RAÍZ EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA .....	504
UTILIZACION DE ITS Y EF-1A PARA IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE HONGOS FILAMENTOSOS CAUSANTES DEL MARCHITAMIENTO FÚNGICO (DAMPING-OFF) EN EL CULTIVO DE CHILE ( <i>Capsicum annum</i> L.).....	509
EL PASTO BUFFEL ( <i>Cenchrus ciliaris</i> L.) UNA OPCIÓN PARA FITOESTABILIZACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO Y CADMIO .....	515
ESTADO HÍDRICO DE CLADODIOS DE NOPAL TUNERO ROJO LISO EN UN HUERTO COMERCIAL .....	519
RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Y EL PESO DE SEMILLA DE <i>Argemone spp.</i> EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE .....	525
CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL SUELO CULTIVADO CON <i>Lotus corniculatus</i> L. EN DOS REGÍMENES DE HUMEDAD.....	530



VARIACIÓN ESTACIONAL DEL ESTADO HÍDRICO DE HOJAS DE <i>Lotus corniculatus</i> L. EN DOS RANGOS DE HUMEDAD DEL SUELO .....	535
ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA EN ACCESIONES DE <i>Ficus carica</i> L. NATIVOS DE ZONAS ÁRIDAS EN RESPUESTA A DÉFICIT HÍDRICO Y REHIDRATACIÓN .....	539
RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA Y EL INTERCAMBIO DE GASES EN <i>Ficus carica</i> L. VARIEDAD BLACK MISSION.....	543
PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y SU IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DENTRO DE LA RESERVA ECOLÓGICA MUNICIPAL SIERRA Y CAÑÓN DE JÍMULCO. ....	547
EVALUACIÓN DE SANITIZANTES POR MEDIO DE LA NMX-BB-040-SCFI-1999 COMO ALTERNATIVA DE USO EN PLANTA DE OSMOSIS INVERSA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS VETERINARIOS .....	552





VI CONGRESO INTERNACIONAL XVIII CONGRESO NACIONAL  
SOBRE  
RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS

Ponencias Orales



## **DINÁMICA DE EXTRACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO DE MANZANA (*Malus domestica*).**

Gabriel Alberto Trasviña Valenzuela<sup>1</sup>, Omar Cástor Ponce García<sup>2\*</sup>, Linda Citlalli Noperí Mosqueda<sup>1</sup>, Juan Manuel Soto Parra<sup>1</sup>, Jesús Manuel Ochoa Rivero<sup>2</sup>, Rosa María Yáñez<sup>1</sup> Muñoz, Paulina Nava Ruíz<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Av. Pascual Orozco, s/n, Santo Niño, Campus 1. Chihuahua, Chihuahua. CP. 31350. Chihuahua, México. <sup>2</sup>Instituto del Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Campana. Carretera Chihuahua-Ojinaga, Km 33.3. Aldama, Chihuahua, México. \* Autor de correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

### **Introducción**

México es uno de los países con mayor producción de manzana a nivel mundial, con una producción estimada de 760,000 toneladas anuales, de las cuales, el estado de Chihuahua aporta el 84% de la producción total (SIAP, 2021). En general, se tienen suficientes conocimientos del manejo agronómico del cultivo; en cuanto a su fertilización, se sabe que ésta varía de acuerdo con la variedad, tipo de suelo y condiciones climatológicas del sitio en donde se cultiva (Mposi, 1999). Sin embargo, en las últimas dos décadas la demanda de este cultivo ha superado la producción, por lo que se deben implementar tecnologías que permitan incrementar la productividad del cultivo y así abastecer el mercado nacional e internacional (Sánchez, 2018).

Charpentier et al. (2010) afirman que es necesario un plan de fertilización equilibrado para optimizar los rendimientos, aumentar la rentabilidad y mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes de los cultivos y minimizar el impacto ambiental. Por lo anterior una nutrición con micronutrientes incrementa en forma apreciable la productividad del cultivo. Además, un nivel adecuado de micronutrientes en la planta es esencial para que el nitrógeno (N) y el fósforo (P) aplicados en los fertilizantes sean usados eficientemente por las plantas (Kyrkby & Römheld, 2007). Una metodología que permite mejorar la eficiencia de la fertilización es la dinámica de absorción de nutrientes, la cual permite aplicar los nutrientes en las épocas de mayor demanda y establecer programas de fertilización más eficientes (Bertsch et al., 2003). Por lo anterior, el objetivo del presente proyecto fue evaluar la dinámica de extracción de macronutrientes en la manzana Golden delicious cultivada en la zona Productora de Cuauhtémoc, Chihuahua.

### **Materiales y métodos**

El proyecto se realizó durante el ciclo productivo 2021 en un huerto comercial ubicado en la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua con coordenadas 28.445185 N, 107.021597 W. Se trabajó con árboles de la variedad Golden delicious, sobre un patrón MM-111 a una densidad de 1000 árboles ha<sup>-1</sup>. La nutrición del huerto se realizó como se muestra en el cuadro 1.



Cuadro 1. Distribución de la fertilización en para el cultivo de la manzana Golden delicious en el ciclo productivo 2020.

Fecha	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	(N)	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(K <sub>2</sub> O)	(CaO)	(MgO)
Kg ha <sup>-1</sup>					
Marzo	30	20	40	0	8
Abril	0	0	0	22	0
Mayo	4	11	3	0	0.5
Junio	13	9.5	20	0	0
Julio	7	16	18	21	2
Septiembre	36	0.5	2	13	0
Total	90	57	83	56	10.5

Los muestreos de fruto se realizaron cada 15 días y se iniciaron 30 días después de plena floración (DDPF) hasta cosecha, con un total de 8 muestreos en el tiempo. Para un correcto muestreo el huerto se dividió en 3 secciones, en las cuales, se tomaron frutos en la parte media de los árboles.

Para el análisis de la extracción de nutrientes las muestras se llevaron al laboratorio Diagnósis, donde se pesaron los frutos, se y se analizó el contenido de micronutrientes. Para determinar la concentración de B, Fe, Mn, Cu, las muestras fueron mineralizadas mediante un equipo de microondas y analizadas por medio de absorción de llama. Para determinar la extracción de nutrientes las concentraciones obtenidas de las muestras se ajustaron de acuerdo al contenido de materia seca y peso de los frutos.

Para que las mediciones cumplieran con las pruebas de normalidad y homogeneidad se aplicó el logaritmo natural en los datos. Una vez que los valores cumplieron con los supuestos, se aplicaron las líneas de regresión con mayor ajuste y significativas para los diferentes elementos mediante el paquete estadístico SAS.

## Resultados y discusión

**Peso.** El tamaño de los frutos se define en los primeros 50 DDPF, fecha que coincide con el periodo de división celular en el manzano (Palmer et al., 2003). Para que este tamaño sea alcanzado es necesario que las células se expandan, momento en el cual se muestra el mayor crecimiento del fruto y finalmente su estabilización.

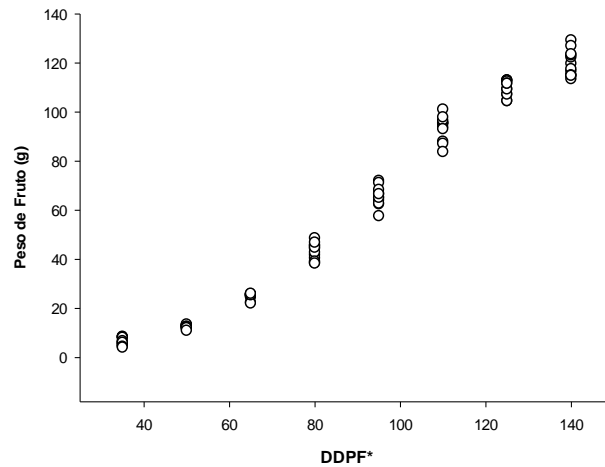


Figura 1. Dinámica de la acumulación de peso de fruto de manzana Golden delicious en Cuauhtémoc, Chihuahua.

**Boro.** Para este elemento se encontró una curva cuadrática altamente significativa, con un ajuste de regresión de 0.92 (Figura 2) y una extracción de  $1.2 \text{ g to}^{-1}$  de fruto. Se observó una extracción inicial baja y conforme fueron pasando los DDPF fue aumentando hasta llegar a una extracción de. Por lo anterior, se sabe que este nutriente es necesario durante todo el ciclo del cultivo. Resultados similares reportan que este micronutriente es esencial para el desarrollo y crecimiento celular normal (Soria, 2008). Probablemente su función más conocida sea el transporte de azúcares, puesto que con ellos forma un complejo, facilitando de esta forma su transporte a través de la planta (Melgarejo, 2010).

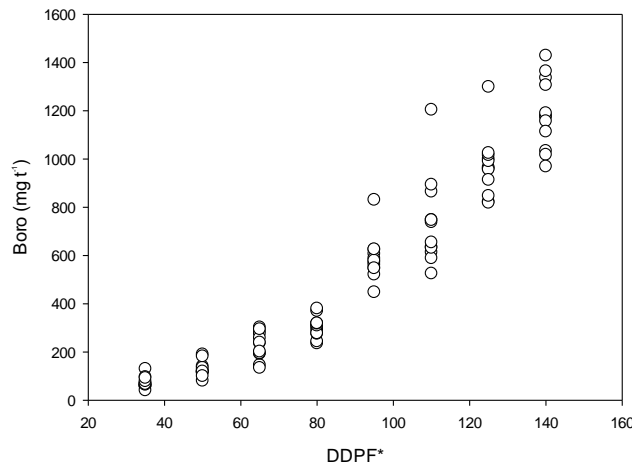


Figura 2. Extracción de boro en manzano de la variedad Golden delicious. DDPF = Días después de floración.



**Hierro.** Para este elemento se encontró una curva cuadrática altamente significativa, con un ajuste de regresión de 0.71 (Figura 3). Tuvo una extracción muy baja al inicio y conforme avanzaron los DDPF fue en aumento hasta llegar a un valor de  $0.28 \text{ g to}^{-1}$  de fruto. Resultados similares mencionan que este elemento forma parte estructural de los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina; además, se encuentra tanto en sistemas respiratorios como fotosintetizadores (Soria, 2008). Aproximadamente, el 75% del hierro celular está asociado con los cloroplastos, es esencial para la síntesis de clorofila (Melgarejo, 2010), lo que determina el importante papel que este elemento desempeña en la fotosíntesis, también es esencial en la síntesis de proteínas (IPNI, 2012).

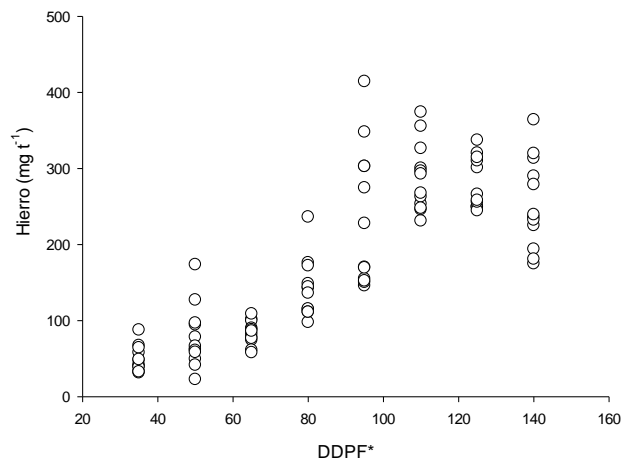


Figura 3. Extracción de hierro en manzano de la variedad Golden delicious. DDPF = Días después de floración.

**Manganeso.** Para el caso del Mn, se encontró una curva lineal altamente significativa, con un ajuste de regresión de 0.75 (Figura 3). Este elemento fue el que obtuvo la extracción inicial más baja. Conforme pasaron los DDPF tuvo un comportamiento ascendente alcanzando una extracción máxima de  $0.098 \text{ g to}^{-1}$  de fruto. Melgarejo, (2010) reporta un comportamiento similar para este nutriente ya que actúa en la fotólisis del agua como transportador de electrones entre el agua y el fotosistema II. Además, su deficiencia interfiere en los procesos de formación de flores y frutos (Soria, 2008) y provoca una desorganización en la estructura de la membrana de los cloroplastos, lo que se traduce en una inhibición del fotosistema II (Melgarejo, 2010), también ayuda a la síntesis de la clorofila (IPNI, 2012).

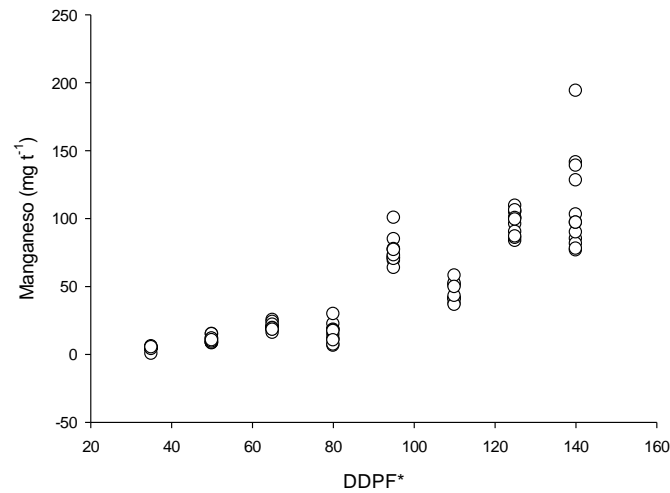


Figura 4. Extracción de Manganeso en manzano de la variedad Golden delicious. DDPF = Días después de floración.

**Cobre.** Presentó una curva polinomial cuadrática altamente significativa con un ajuste de regresión de 0.79 (Figura 5). Al igual que todos los elementos tuvo una extracción inicial baja. Conforme pasaron los DDPF tuvo un comportamiento ascendente alcanzando una extracción máxima de  $0.085 \text{ g to}^{-1}$ . El cobre interviene también en la fotosíntesis (IPNI, 2012), formando parte de la plastocianina, proteína que participa en el transporte de electrones fotosintéticos (Melgarejo, 2010) y la posterior formación de glúcidos (Soria, 2008), que son componentes mayoritarios del fruto.

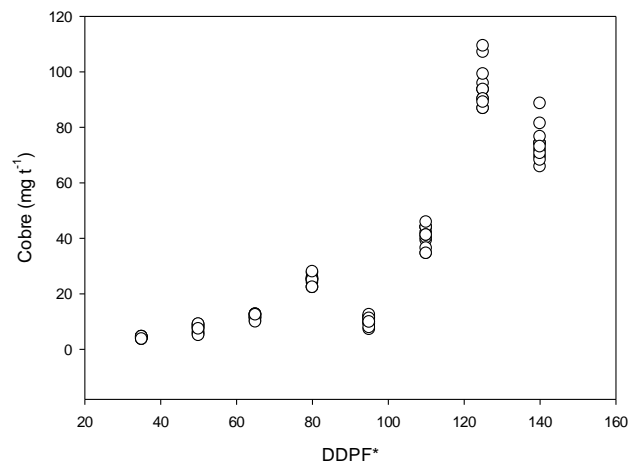


Figura 5. Extracción de Cobre en manzano de la variedad Golden delicious. DDPF = Días después de floración.



## Conclusiones

La extracción de micronutrientes en manzana fue de 1.2, 0.28, 0.098 y 0.085 de B, Fe, Cu y Mn respectivamente. Todos los micronutrientes, tuvieron una tendencia inicial baja y conforme pasaron los DDPF fueron en aumento en la absorción. Al igual todos tuvieron un comportamiento que nos indica que son requeridos durante todo el ciclo productivo del manzano. Por lo que, una nutrición con micronutrientes es importante para el desarrollo y la productividad del cultivo.

## Referencias

- Bertsch, F., Hernández, J. C., Arguedas, F., & Acosta, M. (2003). Curvas de absorción de nutrimentos en dos variedades, bibrí y sacapobres, de fríjol común de grano rojo. *Agronomía Costarricense*, 27(2), 75-81.
- Charpentier, P. (2008). Conozca los culpables del aumento del precio de los cereales. *Selecciones avícolas*. IPNI. (2012). Información Agronómica sobre nutrientes para los cultivos. Obtenido En Septiembre 2022, 2015, En: <http://nla.ipni.net/article/NLA-3009>.
- Kyrkby, E., & Römheld, V. (2007). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Ecuador: Quito*.
- Melgarejo, L. (2010). Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal (Primera ed.). Universidad Nacional de Colombia.
- Mposi M. S. (1999) Vegetable amaranth improvement for South Africa. *Australian New Crops Newsletter* 11:8-14.
- Palmer, J. W., Prive, J. P., & Tustin, D. S. (2003). Temperature. Apples; botany, production and uses, DC Ferree and IJ Warrington.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (29 de Septiembre de 2021). *Panorama agroalimentario 2021*. Disponible en [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/)
- Soria, N. (2008). Nutrición Foliar y Defensa Natural. Presentado en XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. En: <http://www.secsuelo.org/wpcontent/uploads/2015/06/5.-Ing.-NormanSoria.-Nutricion-foliar.pdf>



## EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE DOS CULTIVARES DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) EN CONDICIONES ÓPTIMAS Y SUBÓPTIMAS DE HUMEDAD DEL SUELO

Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Isaac Gramillo-Ávila<sup>1</sup>, Ernesto H. Pedroza-Parga<sup>2</sup>, José Antonio Miranda-Rojas<sup>1</sup>, Ramón Reyes-Urias<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. <sup>2</sup>Egresado de la Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas de la URUZA-UACH, Bermejillo, Dgo. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

El cultivo de chile es de importancia social y económica en México, ya que forma parte de la dieta a nivel familiar y representa una fuente de empleo rural por la mano de obra requerida (López et al., 2016). En la Comarca Lagunera de los Estados de Durango y Coahuila, el desabasto de agua del subsuelo se ha incrementado considerablemente por la sobreexplotación del acuífero y las sequías recurrentes. De acuerdo con la Conagua (2015), la recarga anual del acuífero principal es de 518.9 millones de m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> y la extracción total es de 1,221.8 millones de m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Por lo anterior, es importante la exploración de tecnologías que redunden en un uso eficiente del agua, mediante el uso de especies y cultivares de cultivos que compitan en productividad, pero sean menos demandantes de agua. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de crecimiento y productividad de dos cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones óptimas y subóptimas de contenido de humedad en el suelo.

### Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el área experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en Bermejillo, Durango, México. El área se ubica a 101° 41' y 104° 61' LO y 24° 22' y 26° 23' LN (Medina, 2005). Se usó un diseño experimental en Bloques al azar, con cuatro repeticiones en arreglo de parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron: contenido óptimo de humedad del suelo (COHS) y contenido subóptimo de humedad del suelo (CSHS), correspondiente a los rangos de 22 – 26 % y 17 – 21 %, respectivamente. Las parcelas chicas fueron los cultivares de chile, jalapeño y chilaca. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 8 m de longitud y 0.8 m de ancho entre surcos, con sistema de trasplante de plántula de 15 cm de altura a una distancia de 30 cm entre plantas y una densidad de población de 41,562.5 plantas ha<sup>-1</sup>. Se midió: altura de planta (cm); porcentaje de marchitez; número de frutos cosechados planta<sup>-1</sup>; peso de frutos cosechados planta<sup>-1</sup>, las dos últimas correspondiente a la acumulación de 10 cortes de fruto de chile realizados durante el período de madurez. Finalmente se obtuvo el rendimiento de chile proyectado a ton ha<sup>-1</sup>.





## Resultados y Discusión

El chile jalapeño fue significativamente más afectado por la marchitez asociada a *Pythium spp.* y *Phythora capsici*, tanto en el COHS, como en el CSHS, éste último con mayor incidencia en el porcentaje de plantas marchitas, en un rango de 7.2 – 18 % y 0.18 – 24.6 %, respectivamente. El chile chilaca mostró valores muy inferiores a los antes citados en un rango de 0.6 a 2.5 % en ambas condiciones de humedad edáfica. El número de frutos cosechados planta<sup>-1</sup>, fue significativamente mayor en COHS en el chile jalapeño, respecto del chilaca, con valores de 60.87 y 48.62, respectivamente. Un decremento del 18 – 22 % de la población por muerte de plántula, en esa proporción repercute en la productividad del cultivo. El peso de frutos cosechados planta<sup>-1</sup> fue a la inversa, el chile chilaca registró un mayor valor, respecto del chile jalapeño, con valores de 1,191.69 g y 947.38 g, respectivamente. Lo anterior, está directamente relacionado al tamaño del fruto, el cual es mayor en el chile chilaca, por eso se tiene que, aunque tenga un menor número de frutos planta<sup>-1</sup>, lo compensa el tamaño del fruto. Lo anterior se refleja en la proyección del rendimiento, el cual fue significativamente mayor en el chile chilaca en COSH con 48.98 ton ha<sup>-1</sup> contra 32.28 ton ha<sup>-1</sup> obtenidas en el chile jalapeño, el cual no obstante de haber registrado un mayor número de frutos por planta en dicho contenido de humedad del suelo, la disminución acumulada del 18 % de plantas marchitas en las primeras tres semanas de realizado el trasplante, afectó la densidad de población inicial por hectárea. Finalmente, no hubo diferencia estadística entre los dos tipos de chile en el peso de fruto planta<sup>-1</sup> y el rendimiento proyectado con valores de 22.52 y 22.99 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en CSHS. Este resultado también influido por el diferencial de porcentaje de plantas marchitas en este contenido de humedad del suelo, correspondiente a 24.6 % en el chile jalapeño y de solo 2.5 % en chile chilaca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del contenido de humedad del suelo en el rendimiento y componentes del mismo en dos cultivares de chile (*Capsicum annum* L.)

Cultivar	Núm. de frutos cosechados planta <sup>-1</sup>		Peso de fruto cosechados planta <sup>-1</sup> (g)		Rendimiento* (ton ha <sup>-1</sup> )	
	COHS (22-26%)	CSHS (17-21%)	COHS (22-26%)	CSHS (17-21%)	COHS (22-26%)	CSHS (17-21%)
Jalapeño	60.87a	62.80a	947.38b	718.87a	32.28b	22.52 <sup>a</sup>
Chilaca	48.62b	31.63a	1191.69a	567.56a	48.98a	22.99 <sup>a</sup>

Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. COHS, es contenido óptimo de humedad del suelo y CSHS, es contenido subóptimo de humedad del suelo. \*Rendimiento proyectado con base a la densidad final de plantas.



## Conclusiones

El chile jalapeño fue el más afectado por la marchitez del chile, tanto en COHS como en CSHS con un promedio acumulado del 18 % y 24.6 % de plantas marchitas, respectivamente. No obstante que el chile jalapeño fue el cultivar de mayor rendimiento en número de frutos cosechados planta<sup>-1</sup>, al final, el rendimiento por hectárea proyectado fue igual que en el chile chilaca, ya que este último se compensó tanto por el bajo índice de incidencia de plantas marchitas, como por el mayor peso de frutos cosechados planta<sup>-1</sup>. El uso de materiales genéticos tolerantes al estrés hídrico en zonas de escasez de agua, representa una alternativa viable que mantenga la productividad y mitigue el impacto ambiental.

## Referencias

- Conagua, 2015. Disponibilidad de acuíferos. Subdirección General Técnica. Gerencia de Agua Subterránea. SIGA.
- Medina, G. G., Díaz, P. G., López, H. J., Ruiz, C. J. A., Marín, S. M. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 - 2003). Libro Técnico Núm.1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRONOCINIFAP. 224p.
- López, L. P., Rodríguez, H. R. y Bravo, M. E. (2016). Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annum* L.) en el Estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Agronegocios 20(38): 317-328.



## PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE TRES GENOTIPOS DE *Lotus corniculatus* L. EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

Laureano Ortiz Juan Alfredo<sup>1</sup>, Álvarez Vázquez Perpetuo<sup>2\*</sup>, Mellado Bosque Miguel Ángel<sup>2</sup>, García Martínez José Eduardo<sup>2</sup>, Fuentes Huerta Alan Emmanuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

### Introducción

En los sistemas de producción pecuaria intensiva, los costos de alimentación representan del 60 al 70 %. Por lo anterior las leguminosas pueden desempeñar un papel importante en el manejo alimentario del ganado a base de pastos y forrajes, debido a su alto valor nutritivo. El trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) es una leguminosa forrajera perenne, alógama, que se distribuye a lo largo de las regiones templadas de Europa, Asia Menor, Norte de África y Norte de Sudamérica (Gunn et al., 1992). Sin embargo, en México existen un gran número de leguminosas forrajeras adaptadas a diferentes zonas, debido a esto, especies relativamente nuevas como *L. corniculatus*, han recibido poca atención por los productores agrícolas (Arroyo, 2020). En la familia de las leguminosas, las especies forrajeras más comunes han sido la alfalfa (*Medicago sativa* L.), el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y el trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), las cuales tienen excelentes cualidades, pero no prosperan en suelos de baja fertilidad, salinos o ácidos, y sus requerimientos de agua pueden ser altos (García, 2011). Dentro de las especies prometedoras se encuentra *Lotus corniculatus*, la cual es una especie poco exigente en cuanto a la calidad del suelo, ya que su crecimiento es bueno en terrenos arenosos, arcillosos, pesados, ligeramente alcalinos, además es resistente al frío, heladas ligeras y a sequías estivales (García y Steiner, 2003). En base a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento productivo de tres genotipos de *Lotus corniculatus* (226796, 232098, 255301) y la variedad Premium de alfalfa, en otoño e invierno, mediante cortes fijos definidos estacionalmente, en el sureste de Coahuila, México.

### Materiales y métodos

El estudio fue realizado en otoño e invierno (2 de septiembre del 2020 al 10 de abril del 2021), en la UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1783 m. El clima del lugar es templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. Los inviernos son extremos, predominan temperaturas máximas superiores a 18 °C y algunos días con temperaturas mínimas inferiores a 0 °C.

El suelo presenta textura migajón arcilla-arenoso, con una densidad aparente de 1.25 g cm<sup>3</sup>, pH 7.38, conductividad eléctrica, 0.530 mS/cm y un porcentaje de materia orgánica del 3.026 %.



Se utilizaron parcelas de 1.5 x 6 m, por cultivar y repetición, establecidas el 8 de junio de 2019. Los materiales evaluados fueron: tres genotipos de *Lotus corniculatus* (226796, 232098, 255301) y la alfalfa (*Medicago sativa*) variedad Premium, considerada como testigo. Los cultivares de *Lotus* se establecieron mediante trasplante, utilizando una densidad 16 plantas por metro cuadrado. Para el establecimiento de la alfalfa la siembra fue al voleo con una densidad de siembra de 22 kg SPV ha<sup>-1</sup>. Las fuentes de variación fueron los forrajes estudiados y dos estaciones del año (otoño e invierno). Los muestreos se realizaron mediante cortes fijos definidos por estación.

En otoño todos los forrajes fueron muestreados cada 35 días. Para invierno el intervalo para la alfalfa fue de 42 días y 84 días para los genotipos de *Lotus*. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones. El factor de bloqueo fue la pendiente del terreno, y por ende el riego. Para comparar el efecto del cultivar y de la estación sobre las variables evaluadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones, mediante el procedimiento PROC GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA) y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento de forraje (RF), la relación de la hoja respecto al tallo (R:H/T), altura de planta (AP) y porcentaje de luz interceptada (LI) de los tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus*) y alfalfa. En el RF, no se registraron diferencias estadísticas entre estaciones del año en cada cultivar estudiado ( $p > 0.05$ ), pero si en el promedio estacional y entre cultivares dentro de cada estación ( $p < 0.05$ ). En el otoño se obtuvo la mayor producción de forraje con 3,902 kg MS ha<sup>-1</sup>, e invierno la producción menor con 3,140 kg MS ha<sup>-1</sup>, esto puede ser atribuido a las diferentes condiciones de clima (Rojas et al., 2016). En otoño, invierno y promedio por cultivar, la alfalfa produjo mayor cantidad de forraje que los genotipos de *Lotus corniculatus* con 6,926, 5,884 y 6,405 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Así mismo, en otoño los menores rendimiento de forraje se registraron con los genotipos de *Lotus corniculatus*, respecto a la variedad Premium de alfalfa, con un promedio de 2,894 vs 6,926 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En el invierno y en promedio por cultivar, el menor rendimiento correspondió al genotipo de *Lotus* 226796 con 1,134 y 1,530 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Por parte de la R:H/T, no se registraron diferencias estadísticas entre estaciones y promedio por estación ( $p > 0.05$ ). Por el contrario, si hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) entre promedios de cultivares. En ambas estaciones la alfalfa fue la que tuvo la mínima R:H/T, con un valor de 1.3, lo que refiere a una producción de hoja similar a la del tallo.



Respecto a los genotipos 226796, 232098 y 255301 sus promedios fueron de 3.5, 3.6 y 4.1, respectivamente, lo que significa que la hoja produjo más materia seca que el tallo. En otoño el genotipo 255301 fue el que mayor R:H/T registró con un valor de 4.3, similar ( $p>0.05$ ) al 226796 pero mayor a la alfalfa (1.3) al igual que en invierno, donde los tres genotipos de *Lotus* no difirieron ( $p>0.05$ ). En su investigación, García et al., (2014), encontró promedios relativamente menores de R: H/T para los genotipos 255301 y 232098 con valores de 2 y 1.8 respectivamente.

La altura de planta, no presento diferencias ( $p>0.05$ ) entre estaciones para cada cultivar, pero si entre cultivares dentro de cada estación evaluada ( $p<0.05$ ). En el promedio por cultivar la mayor altura la presentó la alfalfa con 37 cm, mientras la menor el genotipo 226796 con 9 cm. Así mismo, tanto en otoño como en invierno la alfalfa sobresalió ( $p<0.05$ ) respecto a los genotipos de *Lotus*, con 39 y 35 cm, respectivamente. El genotipo 226796 fue el que registró la menor altura con 8 y 10 cm, siendo similar al 232098. En cuanto al genotipo 255301, Hernández et al. (2021) trabajando en condiciones de invernadero, reportaron una altura promedio de 25.4 cm.

La radiación interceptada y el IAF pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte, siempre y cuando no existan daños en la producción de forraje por factores climáticos adversos (Wilson, 2017). En el presente trabajo, la luz interceptada presento diferencias ( $p<0.05$ ) tanto entre estaciones como entre cultivares. Independiente de la estación los promedios por cultivar mostraron que la menor interceptación de luz la registró el genotipo 226796 con un valor de 53 %, siendo superiores los cultivares 232098 (81 %), 255301 (83%) y alfalfa (83 %). En otoño los genotipos 232098 y 255301, presentaron los mayores valores (85 %), y el menor en el 226796 con 64 %. Para invierno, los mayores valores se registraron en los genotipos 232098 (78 %), 255301 (80 %) y alfalfa (83 %), respecto al menor valor en el 226796 con un porcentaje de interceptación de 53 %. Independientemente del genotipo, la mayor interceptación de luz se alcanzó en otoño con un promedio de 79 % y menor en invierno con 71 %. El mismo comportamiento se presentó en los genotipos 232098 y 255301 ( $p<0.05$ ), no así el 226796 y la alfalfa donde no se presentaron diferencias ( $p>0.05$ ) entre estaciones.



Cuadro 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>), relación hoja-tallo (R:H/T), altura de planta (cm) y luz interceptada (%) de tres genotipos de *Lotus corniculatus* y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.
	Otoño	Invierno		
Rendimiento de forraje (kg MS ha <sup>-1</sup> )				
226796	1926 <sup>Ba</sup>	1134 <sup>Ca</sup>	1530 <sup>C</sup>	Ns
232098	2918 <sup>Ba</sup>	2170 <sup>BCa</sup>	2544 <sup>BC</sup>	Ns
255301	3839 <sup>Ba</sup>	3374 <sup>Ba</sup>	3606 <sup>B</sup>	Ns
Alfalfa	6926 <sup>Aa</sup>	5884 <sup>Aa</sup>	6405 <sup>A</sup>	Ns
Promedio	3902 <sup>a</sup>	3140 <sup>b</sup>	3521	*
Sig.	*	*	*	
Relación hoja: tallo				
226796	3.3 <sup>Aba</sup>	3.8 <sup>Aa</sup>	3.5 <sup>A</sup>	Ns
232098	3.0 <sup>Ba</sup>	4.2 <sup>Aa</sup>	3.6 <sup>A</sup>	Ns
255301	4.3 <sup>Aa</sup>	3.9 <sup>Aa</sup>	4.1 <sup>A</sup>	Ns
Alfalfa	1.3 <sup>Ca</sup>	1.3 <sup>Ba</sup>	1.3 <sup>B</sup>	Ns
Promedio	3.0 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.3	Ns
Sig.	*	*	*	
Altura de planta (cm)				
226796	8 <sup>Ca</sup>	10 <sup>Ca</sup>	9 <sup>C</sup>	Ns
232098	11 <sup>BCa</sup>	12 <sup>BCa</sup>	12 <sup>Ba</sup>	Ns
255301	12 <sup>Ba</sup>	16 <sup>Ba</sup>	14 <sup>B</sup>	Ns
Alfalfa	39 <sup>Aa</sup>	35 <sup>Ab</sup>	37 <sup>A</sup>	*
Promedio	18 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	18	Ns
Sig.	**	**	**	
Porcentaje de luz interceptada				
226796	64 <sup>Ba</sup>	41 <sup>Ba</sup>	53 <sup>B</sup>	Ns
232098	85 <sup>Aa</sup>	78 <sup>Ab</sup>	81 <sup>A</sup>	*
255301	85 <sup>Aa</sup>	80 <sup>Ab</sup>	83 <sup>A</sup>	**
Alfalfa	83 <sup>ABa</sup>	83 <sup>Aa</sup>	83 <sup>A</sup>	Ns
Promedio	79 <sup>a</sup>	71 <sup>b</sup>	75	*
Sig.	*	*	*	

Medias seguidas con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ( $p > 0.05$ ). Sig = Significancia. Ns = No significativo. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = Genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.



## Conclusión

El rendimiento de forraje y porcentaje de luz interceptada se vieron afectados por la estación y cultivar estudiado. El rendimiento y radiación solar interceptada fue mayor en otoño respecto al invierno, así mismo el genotipo 226796 presento menores rendimientos en comparación al resto de los cultivares. La alfalfa superó en rendimiento a los genotipos de *Lotus corniculatus* L., y en la radiación solar interceptada fue similar a los genotipos 232098 y 255301. La altura de planta no se vio afectada por la estación, pero fue diferente entre cultivares.

## Referencias

- Arroyo, H. (2020). Comparación productiva de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el ciclo de primavera [Tesis de licenciatura, UAAAN]. Repositorio Digital de la UAAAN. 68 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47312>
- Hernández-Guzmán, F. J., Alvarez- Vázquez, P., Flores-Naveda, A., Camposeco-Montejo, N., Wilson-García, C. Y., Martínez-Martínez, R. (2021). Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en función de la edad al corte. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8 p. <https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2937>
- García de los Santos, G., Steiner, J. J. (2003). Diversidad genética en *Lotus corniculatus* determinada por caracteres morfológicos y RAPDs. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 9 p. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/26-3/7a.pdf>
- García Bonilla, D. V. (2011). Evaluación productiva y de calidad forrajera de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. y su posible utilización en regiones templadas del estado de Puebla. 86 p. <http://hdl.handle.net/10521/6227>
- García-Bonilla, D. V., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., García de los Santos, G., Lagunes-Rivera, S. A. (2014). Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*, 7(13), 170-189. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n13/v7n13a10.pdf>
- Gunn C. R., Wiersema, J. H., Ritchie, C. A., Kirkbride J. H. Jr. (1992). Families and general of spermatophytes recognized by the Agricultural Research Service. USDA-ARS, Technical. Bulletin. 1796. 43 p. <https://handle.nal.usda.gov/10113/CAT92901961>
- Rojas García, A. R., Hernández-Garay, A., Cansino, S. J., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Mendoza Pedroza, S. I., Álvarez Vázquez, P., Joaquín Torres, B. M. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1855-1866. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.97>
- Statistical Analysis System. (2002). User's Guide: Statistics, Version 9.0. SAS Institute, North Carolina, USA
- Wilson García, C. Y., Hernández Garay, A., Ortega Cerrilla, M. E., López Castañeda, C., Bárcena Gama, R., Zaragoza Ramírez, J. L., Aranda Osorio, G. (2017). Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 79-92. [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/9635/20172- cp06-wilson-garcia.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9635/20172- cp06-wilson-garcia.pdf)



## RESPUESTAS EN MORFOLOGÍA Y CRECIMIENTO DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*) A DIFERENTES FORMAS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN VIVERO

Erickson Basave-Villalobos<sup>1\*</sup>, José Ángel Sigala Rodríguez<sup>1</sup>, José Leonardo García-Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Campo Experimental Valle del Guadiana (CIRNOC), Durango, Dgo. México. \*Autor de correspondencia: basave.erickson@inifap.gob.mx

### Introducción

El mezquite, *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. Ex Willd.) M. C. Johnst., es una de los principales elementos arbóreos o arbustivos en las regiones áridas y semiáridas del norte-centro de México. En estas regiones, esta especie es reconocida por su importancia ecológica, cultural y socioeconómica debido a los múltiples bienes y servicios ambientales que proporciona. Sin embargo, las poblaciones naturales de mezquite han estado sometidas a procesos de fragmentación, principalmente por actividades antropogénicas, que han conducido a la disminución de su cobertura (Basave-Villalobos, Rosales-Mata, Sigala-Rodríguez, Calixto-Valencia, & Sarmiento-López, 2017). Se han propuesto diversas estrategias para recuperar y mantener la cobertura de este tipo de vegetación, en donde el establecimiento de plantaciones en proyectos de reforestación o restauración ecológica ha sido una de las preferidas para tal propósito. En esta cuestión, la producción de planta en vivero tiene relevancia porque es la manera principal con la que se abastece la planta que se usa en las plantaciones (Prieto Ruiz, Rosales Mata, Sigala Rodríguez, Madrid Aispuro, & Mejía Bojorques, 2012). En vivero, la fertilización es una práctica esencial para producir planta de calidad con los atributos morfológicos y fisiológicos adecuados para un desempeño favorable en campo, en términos de supervivencia y crecimiento, esto por la influencia de los nutrientes minerales en el crecimiento y otras demandas metabólicas de las plantas (Cortina, Vilagrosa, & Trubat, 2013). El éxito de un programa de fertilización depende en gran medida del suministro apropiado de los nutrientes esenciales para las plantas. Entre estos destaca el nitrógeno (N) porque este macroelemento está involucrado en diversos procesos metabólicos, uno de los principales es la fotosíntesis en donde las plantas C3 invierten cerca del 75 % de N en sus cloroplastos y de lo cual una tercera parte se destina en la rubisco, además de que el N tiene una función estructural al ser constituyente de diversas biomoléculas moléculas como lo son, por ejemplo, los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas y coenzimas (Barker & Pilbeam, 2015). En el suelo, el N está disponible para las plantas mayormente en forma de nitrato y amonio, y, de estos, la primera es la principal fuente inorgánica de este elemento bajo condiciones normales de aireación, temperatura, etc. (Barker & Pilbeam, 2015). Sin embargo, para que el nitrato pueda ser utilizado para la síntesis de proteínas y demás compuestos orgánicos, antes debe ser reducido a amonio y este proceso tiene un coste metabólico alto comparado con la asimilación de amonio.





En términos energéticos la asimilación de amonio es más económica, existe el inconveniente de que su acumulación, incluso en concentraciones bajas, puede ser tóxico, y, por lo tanto, debe ser metabolizado en aminoácidos y aminos como un mecanismo de desintoxicación, lo cual en definitiva les representa a las plantas gastos energéticos importantes que consecuentemente también inciden en la eficiencia de la utilización del nitrógeno (Barker & Pilbeam, 2015). Por lo general, los fertilizantes nitrogenados suelen aportar el N en la forma inorgánica de nitratos o amonio, o una relación de ambas, con preferencia de las plantas en este mismo sentido según la especie. Desde el punto de vista de la nutrición vegetal, en los últimos años se han desarrollado otras alternativas de suministro de N con el objetivo de eficientizar su uso en formas que impliquen menor costo energético para las plantas y este es el caso de los aminoácidos, que es una forma orgánica de N. El uso de aminoácidos se basa en el hecho de que, al ofertar directamente estos compuestos orgánicos, las plantas gastan menor cantidad de reservas de carbono a diferencia de las que gastarían para asimilar y metabolizar el nitrato o amonio, permitiéndoles así disponer de más recursos para el crecimiento y otras funciones. Existen antecedentes con especies forestales de vivero en las que a nivel morfológico y fisiológico se ha comparado el efecto de la fertilización nitrogenada en sus principales formas con fuentes inorgánicas convencionales contra la adición de aminoácidos como una fuente orgánica (Sigala, Uscola, Oliet, & Jacobs, 2020). Se ha reportado divergencia entre los resultados por diferencias interespecíficas principalmente, de modo que aún resulta conveniente continuar analizando las respuestas en un mayor número de especies porque esto podría contribuir a diseñar mejores estrategias de nutrición para cada especie en particular durante su producción en vivero. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes formas de nitrógeno en la morfología y crecimiento de *Prosopis laevigata* en vivero.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en el vivero forestal del INIFAP, Campo Experimental Valle del Guadiana durante el periodo comprendido entre marzo y junio del 2022. Las plantas de mezquite se produjeron a partir de semilla en sistema de envase (tubete rígido de polipropileno de 380 cm<sup>3</sup>) con un sustrato compuesto por 40 % de turba de musgo peat moss, 40% de corteza de pino compostada y 20 % de perlita. Se aplicó una fertilización base que consistió en la adición al sustrato de fertilizante de liberación controlada (FLC) multicote (8)™ 18-6-12 + ME en una dosis de 6 g L<sup>-1</sup>.

Se emplearon 180 plantas para el experimento y se probaron tres tratamientos: 1) control, que fue la fertilización base de FLC, 2) nitrato, que consistió en la suplementación de nitrógeno en forma de nitratos (NO<sub>3</sub>-), y 3) aminoácidos, en el que también se suplementó nitrógeno, pero en esta forma orgánica. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 15 plantas como unidad experimental. La suplementación de nitrógeno en las dos formas (nitratos y aminoácidos) se basó en el suministro complementario de nitrógeno a la fertilización base en una concentración de 90 mg/planta durante la etapa de crecimiento rápido, la cual comenzó a los 45 días después de la siembra.



En total se realizaron 12 aplicaciones adicionales repartidas en un lapso de 12 semanas (dos aplicaciones por semana). Transcurrido ese tiempo, las plantas fueron manejadas conforme a las recomendaciones para la especie en cuanto a riegos y otras labores como deshierbe, hasta que cumplieron cuatro meses de edad, que fue el momento del muestreo destructivo para la evaluación de las variables de respuesta.

Las variables se midieron en 15 plantas por tratamiento. El proceso comenzó con la extracción de las plantas de sus respectivos tubetes y el retiro cuidadoso del sustrato de las raíces con agua corriente. Se midió la altura de la planta (cm) con una regla graduada en mm, el diámetro del tallo (mm) en el cuello de la raíz con un calibrador Mitutoyo® Digimatic CD-4" AX, y el área foliar (cm<sup>2</sup>) con un medidor de área foliar LI-3100C (LI-COR Inc., Nebraska, EE. UU.); también, se cuantificó la biomasa (g) de hojas o foliar, tallo, raíz y total con una balanza de precisión 0.01 g (iBalance® i2001, MyWeigh®), previo lavado con agua destilada y secado de cada parte en una estufa de aire forzado (FELISA® FE-291AD) a 70 °C durante 72 h. Con los valores de biomasa se determinó la proporción de biomasa de hojas (biomasa de hojas/biomasa total), tallo (biomasa de tallo/biomasa total) y raíz (biomasa de raíz/biomasa total).

Finalmente, se examinó el crecimiento (incremento de biomasa en planta completa) en términos de tasas de crecimiento relativo (TCR; en mg g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) siguiendo la ecuación que a continuación se muestra (Hunt, Causton, Shipley, & Askew, 2002):

$$TCR = (\ln B_{STo2} - \ln B_{STo1}) / \Delta t \text{ (días).}$$

Donde:

BSTo 1 y 2= biomasa total de las plantas en valores logarítmicos (ln) en las evaluaciones inicial y final, respectivamente.

$\Delta t$ = tiempo transcurrido entre ambas evaluaciones (90 días).

El muestreo inicial requerido para la evaluación de TCR se hizo en plantas de un mes de edad. Se realizó un análisis de varianza paramétrico de una vía a un nivel de significancia  $\alpha = 0.10$ , previa la validación de los supuestos de homogeneidad de la varianza y normalidad. En casos de diferencias estadísticas ( $P \leq 0.10$ ), las medias se compararon mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD, por sus siglas en inglés) de Fisher. Los análisis estadísticos se realizaron con InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

## Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis de varianza, se registraron efectos significativos a las formas de nitrógeno únicamente en la altura de la parte aérea, biomasa y área foliar, así como en la proporción de biomasa foliar y de raíz ( $P \leq 0.10$ ; Cuadro 1).



Cuadro 1. Significancia estadística ( $\alpha \leq 0.10$ ) del efecto de las diferentes formas de fertilización nitrogenada en vivero sobre las variables morfológicas y crecimiento evaluados en plantas de *Prosopis laevigata*.

Variable evaluada	Valor <i>P</i>
Altura de la parte aérea	0.0692
Diámetro del tallo	0.3576
Biomasa foliar	0.0748
Biomasa de tallo	0.3345
Biomasa de raíz	0.5360
Biomasa total	0.3202
Proporción de biomasa de hojas	0.0266
Proporción de biomasa de tallo	0.3414
Proporción de biomasa de raíz	0.0114
Área foliar	0.0748
Tasa de crecimiento relativo	0.3202

En la altura de la parte aérea el mayor valor se registró en plantas que recibieron la suplementación con nitratos, con un valor 15% superior comparado con las plantas del tratamiento control (Figura 1a). Por su parte, la biomasa foliar de las plantas se incrementó en 19% al suplementar tanto con nitratos como con aminoácidos (Figura 1b). Una respuesta similar se reportó en la variable de área foliar que también registró un aumento de 19% en plantas que recibieron nitrógeno en forma de nitratos y aminoácidos (Figura 1c). Esos incrementos en biomasa foliar propiciaron que las plantas suplementadas con nitratos destinaran una proporción mayor de biomasa a ese componente, seguido por las plantas que recibieron aminoácidos; en cambio, en la proporción de biomasa de raíz, la asignación mayor se dio en las plantas control que recibieron solo la fertilización base (Figura 1d). En lo general, las respuestas obtenidas a nivel morfológico y fisiológico en las plantas de *P. laevigata* sugieren que el efecto corresponde más bien a la adición extra de nitrógeno que a la forma en que se aplique, lo anterior con base en la función que desempeña este nutriente en el crecimiento de las plantas, especialmente en los órganos de la maquinaria fotosintética (parte aérea), de lo cual es sabido que una oferta mayor de este elemento esencial tiende a incrementar el crecimiento de las plantas.

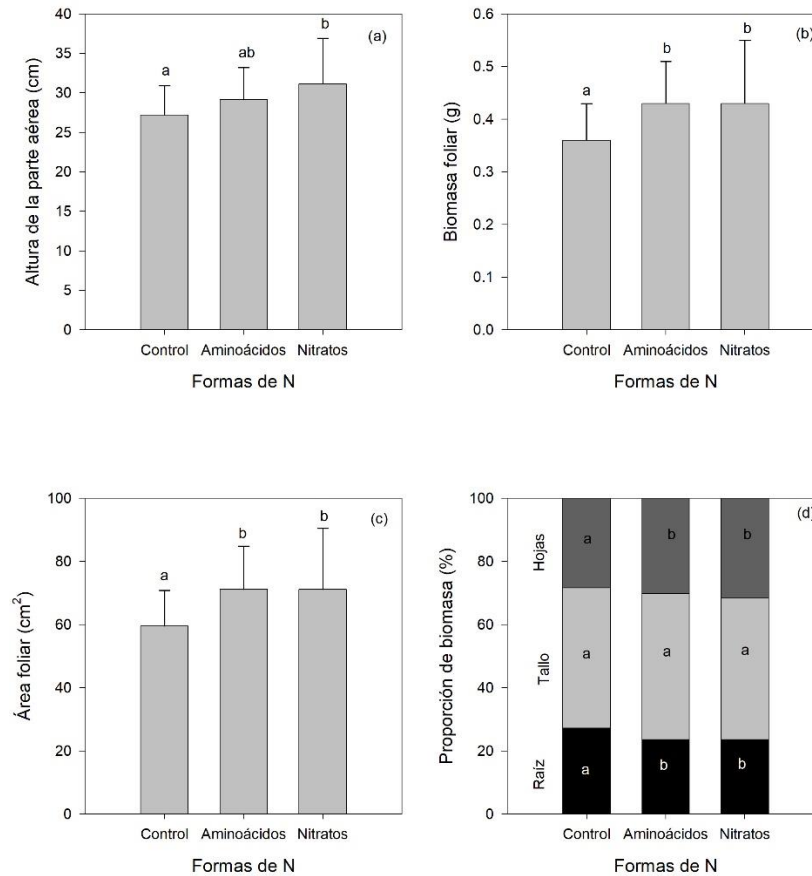


Figura 1. Valores promedio ( $\pm$  desviación estándar) de las variables morfológicas y de crecimiento afectadas por las diferentes formas de N aplicadas a plantas de *Prosopis laevigata* en vivero.

## Conclusiones

Las formas de nitrógeno, tanto orgánica como inorgánica, aplicadas a plantas de *P. laevigata* durante su producción en vivero afectaron algunos de sus atributos morfológicos y de crecimiento; sin embargo, este efecto se atribuye a la adición extra de nitrógeno independientemente de la forma en que el nutrimento es aplicado.

## Referencias

- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2015). Handbook of plant nutrition. (A. V. Barker & D. J. Pilbeam, Eds.) (Second edi). Boca Raton FL: CRC Press/Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq048>
- Basave-Villalobos, E., Rosales-Mata, S., Sigala-Rodríguez, J. Á., Calixto-Valencia, C. G., & Sarmiento-López, H. (2017). Cambios morfo-fisiológicos de plántulas de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. ante diferentes ambientes de luz en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(44).
- Cortina, J., Vilagrosa, A., & Trubat, R. (2013). The role of nutrients for improving seedling quality in drylands. *New Forests*, 44(5), 719–732. <https://doi.org/10.1007/s11056-013-9379-3>



- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2008). InfoStat. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Hunt, R., Causton, D. R., Shipley, B., & Askew, A. P. (2002). A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90(4), 485–488. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf214>
- Prieto Ruiz, J. Á., Rosales Mata, S., Sigala Rodríguez, J. Á., Madrid Aispuro, R. E., & Mejía Bojorques, J. M. (2012). Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Wild.) M. C. Johnst. con diferentes mezclas de sustrato. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(20), 50–57. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322013000600005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000600005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Sigala, J. A., Uscola, M., Oliet, J. A., & Jacobs, D. F. (2020). Drought tolerance and acclimation in *Pinus ponderosa* seedlings: The influence of nitrogen form. *Tree Physiology*, 40(9), 1165–1177. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa052>



## ESTIMACIÓN DE BIOMASA FORESTAL AÉREA EN BOSQUE DE HAYA (*Fagus sylvatica*) UTILIZANDO DIFERENTES INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DASOMÉTRICA

Ramón Trucíos Caciano<sup>1\*</sup>, Yenifer Moreno Sepúlveda<sup>2</sup>, Enrique Miguel Valle<sup>1,2</sup>, Aldo Rafael Martínez Sifuentes<sup>1</sup>, Juan Estrada Ávalos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA), Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón - San Pedro De las Colonias Km. 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coah.  
\*Autor de correspondencia: trucios.ramon@inifap.gob.mx

### Introducción

La biomasa forestal aérea ( $W$ ) se ha convertido en una variable necesaria para conocer la capacidad que tiene la vegetación de capturar el carbono y almacenarlo en sus diferentes componentes: tallos, ramas, hojas, raíces, frutos. A lo largo del tiempo, se ha realizado un esfuerzo para desarrollar instrumentos que realicen mediciones con mayor precisión. Lo anterior, debido a que se requiere una estimación que pueda ser verificable y transparente, por tal motivo, se requiere conocer que diferencia en medición tienen los diferentes dispositivos que intervienen en la medición de variables con las que se estima la  $W$ . El diámetro a la altura del pecho ( $DAP$ ) y la altura total ( $HT$ ), que son las mayormente utilizadas para estimar  $W$ , se pueden medir con diferentes instrumentos. Este estudio, fue diseñado para comparar las mediciones de  $DAP$  con dos instrumentos (forcípula y cinta diamétrica) y las mediciones de  $HT$  (Blume Leiss y vertex IV), y del mismo modo, se compararon las estimaciones de  $W$ .

### Materiales y métodos

El área de estudio tuvo una superficie de 21 ha, localizada en un bosque de Haya al norte de la ciudad de Göttingen, Alemania. Para el registro de datos en campo, se utilizó una gradilla de puntos sistemáticamente separados a 75 metros, con parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>. En total, 47 parcelas fueron muestreadas, de las cuales 11 fueron seleccionadas para realizar mediciones repetidas con dos tipos de herramientas.

Las variables registradas en campo fueron el diámetro a la altura del pecho ( $DAP$ ), altura total ( $HT$ ), identificación de especie y localización geográfica del árbol. Para la medición de  $DAP$  se utilizaron forcípula ( $F$ ) y cinta diamétrica ( $C$ ), mientras que para la medición de  $HT$  fueron empleados Blume Leiss ( $B$ ) y Vertex IV ( $V$ ).  $F$  y  $B$  se utilizaron de forma conjunta, al igual que  $C$  y  $V$ ; es decir, las 11 parcelas seleccionadas se midieron con  $F$  y  $B$  como variables para estimar área basal ( $G$ ) y biomasa aérea ( $W$ ), y posteriormente se re-midieron las 11 parcelas con  $C$  y  $V$  para estimar nuevamente  $G$  y  $W$ . El resto de las parcelas (36) fue medido con  $F$  y  $B$ .

Los modelos utilizados en este estudio, para estimar  $W$ , expresada en kg, se desarrollaron para árboles de hoja ancha y para coníferas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelos alométricos de  $W$  utilizados en el área de estudio (Fuente: Fehrmann, 2006)



Grupo de vegetación	Modelo alométrico de $W$ (kg)
Latifoliadas	$W = 0.044 * DAP^{0.048} * HT^{0.759}$
Coníferas	$W = 0.082 * DAP^{1.170} * HT^{0.349}$

Se calcularon las estadísticas de  $W$  y  $G$  para el área de estudio (47 parcelas) y el área de remediación (11 parcelas). En las parcelas de remediación se calcularon los estadísticos de dos conjuntos de datos, Forcípula+Blume-Leiss ( $FB$ ) y Cinta diamétrica/Vertex ( $CV$ ). Este análisis incluyó los estadísticos de las variables medidas  $DAP$  y  $HT$ .

Se comparó y analizó la relación entre las variables utilizadas para estimar  $W$  en las parcelas de nueva medición para los dos conjuntos de datos ( $FB$  y  $CV$ ).

## Resultados y discusión

En total se contabilizaron 1103 árboles que pertenecieron a 16 géneros, en las 47 parcelas. El género *Fagus spp*, domino con 47% de los árboles medidos, que junto con los generos *Acer spp*, *Fraxinus spp*, y *Prunus spp*, fueron el 87% de los árboles registrados.

En los siguientes cuadros (2 y 3), se muestra el rango de valores y las variables estimadas con los dos pares de herramientas empleadas para medir  $DAP$  y  $HT$  y el comparativo de las mediciones realizadas en las parcelas que no tuvieron remediación.

Cuadro 2. Rango de valores variables estimadas y medidas en el área de estudio.

Variable		Re-mediación (11 parcelas)		Área total (47 parcelas) <i>Cinta+Vertex</i>
		<i>Forcípula+Blume-Leiss (FB)</i>	<i>Cinta+Vertex (CV)</i>	
Medida	$DAP$ (cm)	6.9 - 62.4	7.0 - 63.6	7.8 - 89.8
	$HT$ (m)	5.2 - 36.6	5.0 - 34.7	7.3 - 36.3
Estimada	<i>No. de árboles</i> ( $ha^{-1}$ )	320 - 660		160 - 1360
	<i>Area basal</i> ( $m^2 ha^{-1}$ )	21.1 - 39.1	21.4 - 39.8	15.9 - 48.2
	<i>BFA</i> ( $Mg ha^{-1}$ )	159.3 - 314.4	154.8 - 325.1	88.2 - 424.5

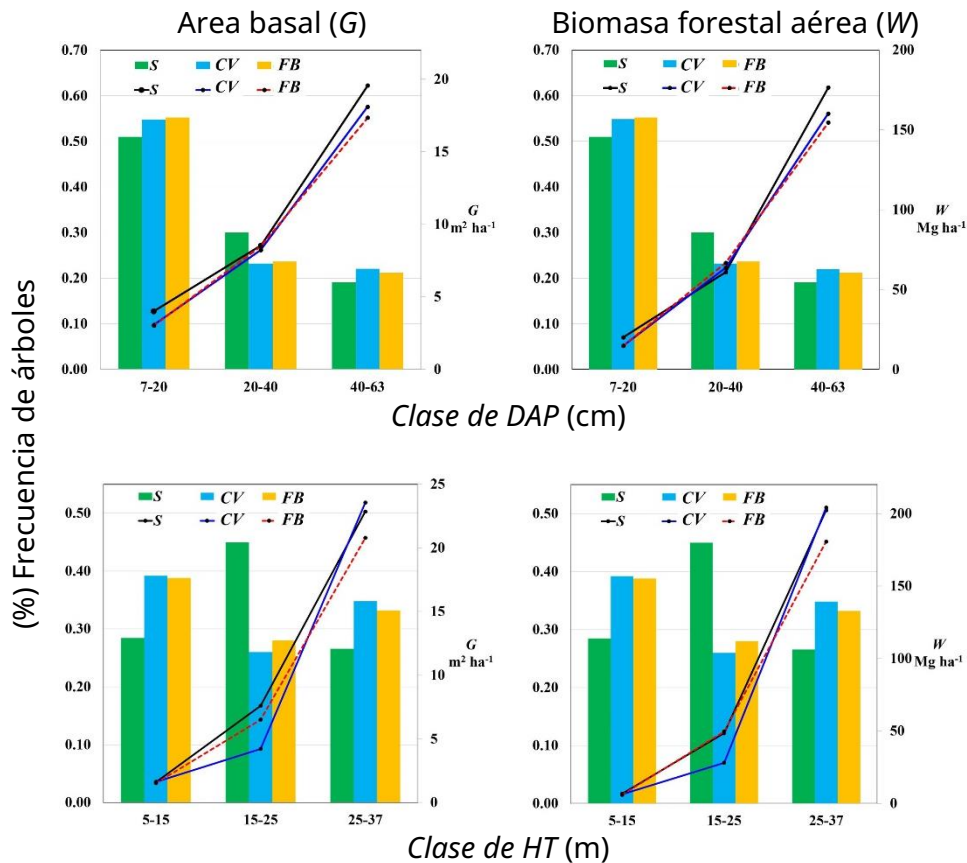
Cuadro 3. Estadísticas de variables estimadas y medidas en el área de estudio.

Variable		Re-mediación (11 parcelas)		Área total (47 parcelas) <i>Cinta+Vertex</i>
		<i>Forcípula+Blume-Leiss (FB)</i>	<i>Cinta+Vertex (CV)</i>	
Medida	$DAP$ (cm)	23.9	24.2	25.3
	$HT$ (m)	19.9	19.7	20.0
Estimada	<i>No. de árboles</i> ( $ha^{-1}$ )	455		160 - 1360
	<i>Area basal</i> ( $m^2 ha^{-1}$ )	28.8	29.4	32.1
	<i>BFA</i> ( $Mg ha^{-1}$ )	236.3	238.6	257.6



Las estimaciones de  $G$  y  $W$  por clase diamétrica se representan en la Figura 1. Las barras de frecuencia de los árboles fueron las mismas para las estimaciones de  $G$  y  $W$ , y la frecuencia de los árboles varió en función de las clases de  $DAP$  o  $HT$ . En los cuatro gráficos de esta figura, el patrón observado en la estimación del  $G$  y  $W$  fue similar por clase y por dispositivo de medición. Como se muestra en los gráficos superiores, el número de árboles por clase de  $DAP$  fue similar entre el área total y las parcelas de re-medicación. Las clases más pequeñas (7-20 cm] tuvieron la menor contribución al  $G$  y al  $W$ , a pesar de haber registrado más del 50% de los árboles muestreados. Por el contrario, con menos del 22% de los árboles muestreados, los árboles grandes (40-63 cm) contribuyeron a más del 60% del  $G$  y a más del 65% del  $W$ .

La estimación de  $W$  y el  $G$  siguen patrones similares por clase de  $HT$ . Sin embargo, la proporción de las clases de  $HT$  tuvo una mayor variación. Por ejemplo, las mediciones de  $HT$  entre las parcelas de re-medicación mostraron un menor número de árboles en la clase intermedia (15-25 m). Los árboles más grandes en  $HT$  (a partir de 25 m) tuvieron la mayor contribución a las variables estimadas, más del 71% del área basal total y más del 79% del  $W$ .



S=Área de estudio, CV=re-medicación con Cinta+Vertex y FB=re-medicación con Forcípula+Blume-Leiss.

Figura 1. Estimaciones de  $G$  y  $W$ . Arriba, estimación por clases de  $DAP$  cada 20 cm; abajo, estimación por clases de altura cada 10 m. Las barras representan la frecuencia de árboles por cada clase.





La figura 2 muestra la relación entre el *DAP* y el *HT*. Comparando los dos conjuntos de datos, los valores menores de 25 cm de *DAP* y menores de 24 m de *HT*, tuvieron una dispersión similar. Los valores más altos de ambas variables mostraron una mayor dispersión. Los coeficientes de correlación de Pearson ( $\rho$ ) también se incluyen en el gráfico. En ambos casos, el coeficiente fue positivo y superior a 0.92, mostrando la variación sistemática entre las dos variables, así como la dirección de la relación.

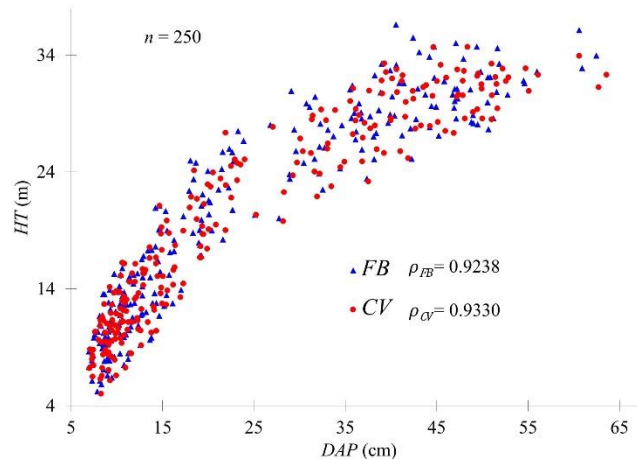


Figura 2. Relación entre diámetro (*DAP*) y altura (*HT*) para 250 árboles medidos con Forcípula+Blume-Leiss (*FB*) y re-medidas Cinta+Vertex (*CV*).

Las diferencias entre las variables y los dispositivos se analizaron mediante diagramas de caja e histogramas de frecuencia en la Figura 3. En la parte izquierda se muestra la comparación del *DAP* medido con *F* y con *C*. Los resultados de los dos dispositivos fueron similares, sin que se observaran valores extremos. La mediana, a partir de los gráficos de caja, para *F* fue de 18.21 cm y para *C* fue de 18.32 cm. El histograma de la figura IV-7 (arriba a la izquierda) muestra las frecuencias de medición por clase para cada dispositivo y las áreas de superposición (0.98%) indican que las mediciones realizadas por ambos dispositivos tenían la misma frecuencia. Dos categorías (0-10 y 20-30) tuvieron mayor frecuencia para *F*, y una categoría (40-50) registró más árboles para las mediciones de *C*. En la parte inferior, el gráfico de dispersión denota una alta relación entre las mediciones de *F* y *C* por árbol, con un coeficiente de correlación de Pearson  $\rho(F, C) = 0.99$ . La prueba de Wilcoxon, comparó los pares de datos y dio como resultado un valor  $p < 2.2 \times 10^{-16}$ , indicando poblaciones no idénticas de los dos conjuntos de datos estimados (*C* y *T*). Para el caso de alturas, se muestra que sólo en la clase 20-25 ambos dispositivos tuvieron la misma frecuencia de árboles medidos. En las otras seis clases, cada dispositivo tuvo tres clases en las que fue el más frecuente. En total, hubo un 95.6% de traslape entre los dos dispositivos. Como se muestra en el gráfico, el Vertex proporcionó menos valores extremos. Esta tendencia también se registró en la categoría mediana más bajo de 18.87 m para el Vertex y 19.05 m para el Blume-Leiss. La prueba de Wilcoxon tuvo un valor  $p = 0.0539$ , lo que indica que la diferencia entre las medianas de los dos conjuntos de datos fue nula y que no hay diferencias significativas entre ellos.

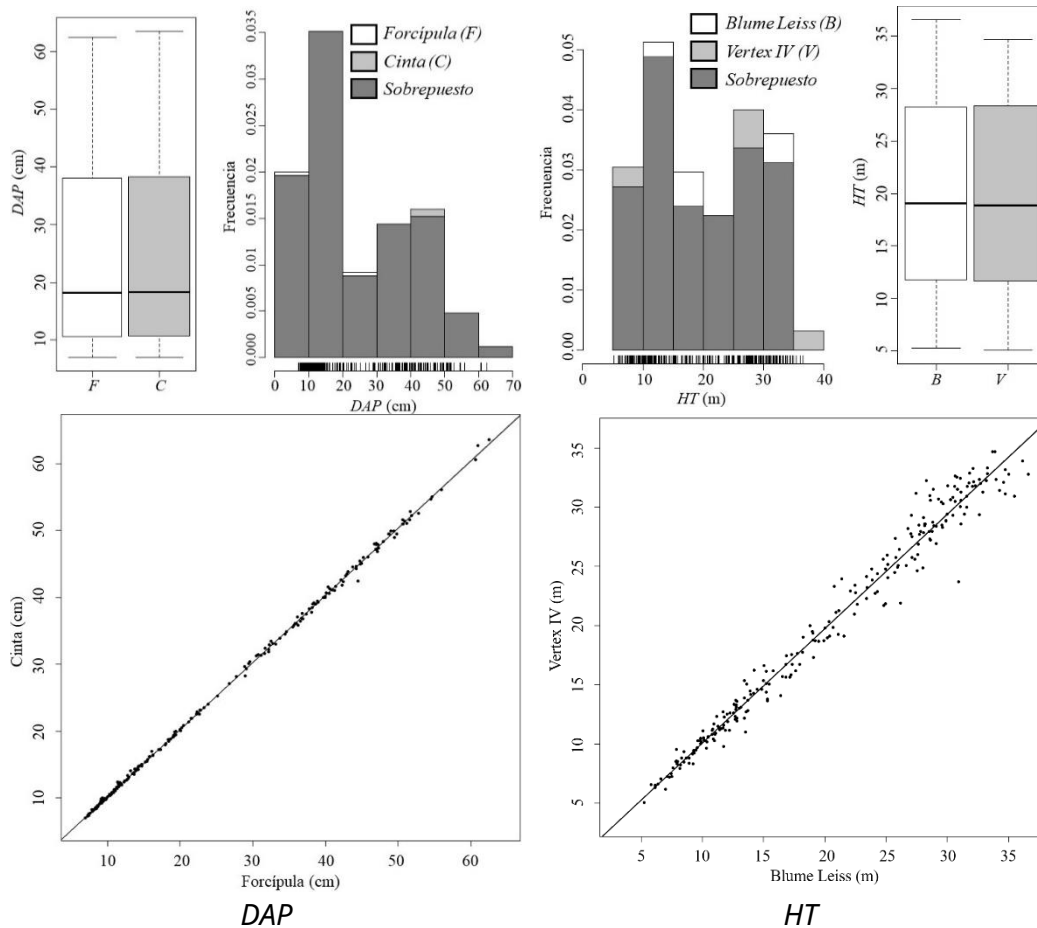


Figura 3. Arriba a la izquierda: gráfico de *DAP* e histogramas superpuestos de las mediciones de forcípula (*F*) y de cinta (*C*). Derecha-arriba, gráficos de *HT* realizados con Blume-Leiss (*B*) y vertex (*V*). Abajo: comparación de las mediciones realizadas con los dos dispositivos.

Las mediciones de *DAP* fueron mayores con la cinta (*C*) que con forcípula (*F*) (24.24 > 23.97 cm). Otros estudios sobre bosques templados (Liu et al., 2011; Moran & Williams, 2002; Weaver et al., 2015) confirman esta tendencia. En relación con las mediciones más grandes con *C*, Brickell (1970) y Matérn (1956), explicaron que el perímetro medido con la *C* se asume a partir de una circunferencia, siendo esta cifra la que estima mayor superficie dado un perímetro. Matérn (1956, único estudio hasta ahora realizado) argumentó que las mediciones con *C* son más consistentes que con *F*, ya que la medición con *F* representa un diámetro de un número infinito que compone una sección transversal.

Las mediciones de *HT* fue mayor con Blume-Leiss (*B*) que con vertex (*V*) (19.97 > 19.75 m). Las mediciones con *B* fueron similares a los obtenidos por Williams et al. (1994) con clinómetros; 0.46 m en árboles de hasta 12.2 m, y 2.22 m en árboles más grandes. Hyppönen y Roiko-Jokela (1978) estimaron también un rango similar de 0.56-0.80 m con clinómetros Sunnto.



Las mediciones del *V* fueron mayores que las estimados por Gaudin y Richard (2014), y Wing et al. (2004), en experimentos pequeños utilizado 10 árboles. Aquí, destacamos que los estudios que informan de las diferencias en las mediciones de Vertex se han realizado en condiciones controladas (por ejemplo, cinco árboles en una zona urbana), en comparación con nuestro estudio en el que se midieron 250 árboles en el campo.

## Conclusiones

Se comprobó que, incluso con protocolos de medición claros, calibración de los instrumentos, formación y mediciones sin presión de tiempo, los errores aleatorios están presentes en la medición de las variables *DAP* y *HT*.

Es importante destacar las diferencias encontradas en las mediciones de *HT*. Con los datos analizados, encontramos que las mediciones realizadas con Vertex tuvieron mayor precisión en comparación con las mediciones de Blume-Leiss. En este sentido, se recomienda el uso de Vertex para mejorar la precisión en la medición de *HT* y las estimaciones realizadas con esta medida (volumen, biomasa forestal aérea, etc.). Sin embargo, la diferencia en la medición del *DAP*, con el Forcípula y la Cinta, se consideran insignificantes debido a que no se encontraron diferencias estadísticas.

## Referencias

- Brickell, J. E. (1970). More on diameter tapes and calipers. *Journal of Forestry*, 68(3), 169–170.
- Fehrmann, L. (2006). *Alternative approaches for biomass estimation on single tree level with k-nearest neighbor method*. University of Göttingen, Göttingen, Germany.
- Gaudin, S., y Richard, J. B. (2014). Comparaison des dendromètres vertex III et trupulse 200b pour la mesure de la hauteur totale des arbres. *Revue Forestiere Francaise*, 66(2), 163–181. <https://doi.org/10.4267/2042/54353>
- Hyppönen, M., & Roiko-Jokela., P. (1978). On the accuracy and effectivity of measuring sample trees. *Folia Forestalia*, 356, 1–25.
- Liu, S., Bitterlich, W., Cieszewski, C. J., & Zasada, M. J. (2011). Comparing the use of three dendrometers for measuring diameters at breast height. *Southern Journal of Applied Forestry*, 35(3), 136–141. <https://doi.org/10.1093/sjaf/35.3.136>
- Matérn, B. (1956). *On the Geometry of the Cross-Section of a Stem*. Stockholm.
- Moran, L. A., & Williams, R. A. (2002). Comparison of three dendrometers in measuring diameter at breast height. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19(1), 28–33. <https://doi.org/10.1093/njaf/19.1.28>
- Weaver, S. A., Ucar, Z., Bettinger, P., Merry, K., Faw, K., & Cieszewski, C. J. (2015). Assessing the Accuracy of Tree Diameter Measurements Collected at a Distance. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36(1), 73–84.
- Williams, M. S., Bechtold, W. A., & LaBau, V. J. (1994). Five Instruments for Measuring Tree Height: An Evaluation. *Southern Journal of Applied Forestry*, 18(2), 76–82. <https://doi.org/10.1093/sjaf/18.2.76>
- Wing, M. G., Kellog, L., & Solmie, D. (2004). Comparing digital range finders for forestry applications. *Journal of Forestry*, 102(4), 16–20. <https://doi.org/10.1093/jof/102.4.16>



## INTEGRACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO, VALOR NUTRICIONAL Y FITOSANIDAD DEL FORRAJE DE MAÍZ PARA ENSILAJE

Omar I. Santana<sup>1\*</sup>, Juan Isidro Sánchez Duarte<sup>2</sup> y Alfonso Peña Ramos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón; Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental La Laguna; Matamoros, Coahuila. \*Autor de correspondencia: santana.omar@inifap.gob.mx

### Introducción

El ensilaje de maíz es el principal forraje utilizado en la dieta de vacas lecheras en las cuencas del norte y centro de México, en donde se requiere de elevar la eficiencia hídrica al tiempo que se incrementa la demanda de ensilaje (Santana, 2018). De acuerdo al SIAP (2021), en los últimos 10 años, el volumen de producción de maíz forrajero se ha mantenido relativamente estático aun cuando se dispone de híbridos de alto potencial de rendimiento (Ramírez et al., 2020). La principal limitante para desarrollar el potencial genético del híbrido es cosechar en tiempo óptimo, maximizando el rendimiento y el valor nutricional, lo que depende del porcentaje de grano, un factor asociado a la acumulación de materia seca (MS). A nivel establo, la digestibilidad del forraje es crucial para mantener el consumo de alimento, por lo que se limita la acumulación de MS, ya que el forraje se lignifica y cae la digestibilidad. Aunado a lo anterior, recientemente se ha incrementado la incidencia de pudrición de tallo causada por *Fusarium* spp. afectando híbridos susceptibles con mermas en el rendimiento y riesgo inminente de micotoxinas (Ogunade et al., 2020). Así pues, nuestro objetivo fue evaluar tres estrategias para medir su impacto en el rendimiento, valor nutricional y fitosanidad del forraje de maíz para ensilaje.

### Materiales y métodos

*Estudio 1:* El primer estudio se realizó en 2019 y 2020 en el ciclo primavera-verano en un ambiente templado (Pabellón, Ags.) y ciclo de verano en un ambiente cálido (Matamoros, Coah.). El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño en parcelas divididas, en donde la parcela principal fue la localidad (Templado vs. Cálido), la sub-parcela fue el híbrido (n = 3), y la sub-sub-parcela fue la madurez del grano a la cosecha (R3 vs. R5); la parcela experimental fueron seis surcos a 0.75 m de distancia y 6 m de largo, mientras que la parcela útil fueron los cuatro surcos centrales. Los híbridos fueron seleccionados por ser sobresalientes en evaluaciones locales y su tolerancia a *Fusarium* spp. La densidad de población se manejó uniforme en las dos localidades y fue de 87,200 plantas/ha. La fertilización aplicada en ambos sitios fue de 280N-100P-00K, distribuida en tres aplicaciones: 50% en la siembra, 25% entre V3 y V6 y 25% entre VT y R1. El riego se suministró para cumplir o exceder el 100% de la demanda de evaporación potencial (EV<sub>0</sub>).



El control de plagas y malezas se realizó según la necesidad. Se registró la altura de planta y de mazorca a partir de la base del tallo al ápice de la espiga. La cosecha se realizó cuando el grano alcanzó la madurez R3 al alcanzar  $\frac{1}{2}$  de avance de la línea de leche y en R5 cuando el grano superó más de  $\frac{3}{4}$  de avance de línea de leche, se cortó el total de plantas en la parcela útil a una altura de 15 cm sobre la base del suelo.

*Estudio 2.* El segundo estudio se realizó en 2020 y 2021 en el Campo Experimental Pabellón, estableciendo el experimento en un lote en el que por 10 años se utilizaron tres sistemas de labranza (tradicional, mínima y cero labranza) dividido en dos parcelas (oriente y poniente) en donde cada sistema de labranza tuvo 40 surcos a 0.75 m de ancho y un largo de 110 m. Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo factorial 3 x 2 con ocho repeticiones, en donde el factor A (n = 3) fue el sistema de labranza y el factor B (n = 2) fue la altura de corte (15 vs. 40 cm). Se sembró a una densidad de 90,000 semillas/ha y se obtuvo una densidad de población a la cosecha de ~85,500 plantas/ha. Las muestras de cada tratamiento fueron obtenidas aleatoriamente en cada faja, cosechando el total de plantas en dos surcos y 5 m de largo, ya sea a 15 o 40 cm de altura utilizando unas estacas graduadas y colocadas en la base del suelo.

*Estudio 3.* El tercer estudio se realizó en 2020 utilizando muestras de forraje de maíz proveniente de un experimento establecido en 2018 en San Juan de los Lagos, Jalisco (Ramírez et al., 2020), en el que cinco híbridos de grano blanco dentado a semi-dentado fueron cosechados a 128, 135 o 142 días post-siembra correspondiendo a una madurez de grano R3, R4 y R5, respectivamente. Las muestras fueron dispuestas en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 5 x 3, en donde el factor A (n = 5) fue el híbrido y el factor B (n = 3) fue la madurez del grano a la cosecha, y como medida repetida la digestibilidad *in situ* del almidón a 12 y 24 h.

*Toma de datos y análisis.* En los tres estudios se determinó el contenido de materia seca (MS) al secar muestras de planta completa a 55 °C hasta peso constante. Las muestras fueron molidas para pasar una criba de 1 mm y realizar análisis bromatológicos. Se determinó la fibra detergente neutro (FDN) y enseguida la fibra detergente ácido (FDA) en el analizador de fibras (A200, Ankom Technology, Macedonia, NY), enseguida se determinó el contenido de lignina en solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El contenido nitrógeno se determinó utilizando el procedimiento de Kjeldhal y se calculó la proteína cruda (PC) como % N total x 6.25. La determinación de cenizas se hizo al incinerar 2.0 g de muestra a 550 °C por 6 h en una mufla. El contenido de almidón se determinó con el procedimiento enzimático colorimétrico (Método 2014.10, AOAC, 2015). El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se calculó como: 100 - % FDN - % cenizas - % PC - % grasas, asumiendo ésta última como 2.5% (NRC, 2001); la concentración de energía neta de lactancia (ENL) se calculó utilizando la ecuación 2-11 del NRC (2001).



La digestibilidad *in situ* se determinó en muestras en duplicado en dos vacas rumen-fistuladas, las muestras se introdujeron en bolsas Ankom R1020 y fueron colocadas en el saco ventral del rumen para determinar: estudio 1) digestibilidad de la MS (DMS) y de la FDN (DFDN) 36 h, estudio 2) DMS y DFDN a 36 h y la FDN no digestible a 120 h (uFDN<sub>120</sub>), estudio 3) digestibilidad del almidón (DAL) a 12 y 24 h. Cuando se alcanzó el tiempo de incubación, las muestras fueron removidas y enjuagadas hasta obtener agua clara y secadas a 55 °C hasta peso constante para hacer las determinaciones correspondientes. En todos los casos, la vaca (n = 2) fue tratada como efecto aleatorio en el modelo estadístico.

*Análisis estadístico.* Todos los datos fueron analizados en R (R Studio Inc. Boston, MA) utilizando el modelo estadístico apropiado para cada diseño:

$$\text{Estudio 1: } y = \mu + L_i + H_j + R_k + (H \times R)_{jk} + V_l + E_{ijkl}$$

$$\text{Estudio 2: } y = \mu + P_i + S_j + A_k + (L \times A)_{jk} + V_l + E_{ijkl}$$

$$\text{Estudio 3: } y = \mu + H_i + R_j + (H \times R)_{ij} + T_k + (R \times T)_{jk} + V_l + E_{ijkl}$$

En donde  $y$  es la variable respuesta,  $L$  es el efecto de localidad,  $H$  es el efecto fijo de híbrido,  $R$  es el efecto fijo de madurez de grano a la cosecha,  $P$  es el efecto aleatorio de parcela,  $A$  es el efecto fijo de altura de corte,  $S$  es el efecto fijo del sistema de labranza,  $T$  es el tiempo de incubación a 12 o 24 h,  $V$  es el efecto aleatorio de vaca en los datos de digestibilidad de cada estudio, y  $E$  es el error residual en cada modelo.

## Resultados y discusión

### *Estudio 1.*

El contenido de MS a la cosecha fue superior en La Laguna comparado a Pabellón, y lo opuesto fue para rendimiento de MS (Cuadro 1). El porcentaje de grano fue superior en La Laguna que en Pabellón debido a una menor altura de planta en La Laguna, lo que concentra más el grano en menos MS de planta. Por otra parte, tanto el contenido de MS, rendimiento de MS y porcentaje de grano fue superior cuando se cosechó en R5 comparado a R3. En ambas localidades, la acumulación de unidades calor para llegar a R3 o R5 fueron aproximadamente de 1,400 y 1,520, respectivamente (datos no mostrados). Los resultados indican la fuerte influencia del ambiente en la acumulación y contenido de MS, lo que sugiere que en una zona templada es posible llegar a cosecha en R5 con un forraje más fresco que en una zona cálida.



Cuadro 1. Variables agronómicas y de calidad forrajera de tres híbridos cosechados a dos diferentes madureces de grano en dos ambientes agroclimáticos.

	HIB 1		HIB 2		HIB 3		SITIO		P <sup>1</sup>
	R3	R5	R3	R5	R3	R5	LAG	PAB	
MS, %	33.2	38.0	35.5	39.0	36.8	40.8	40.3	34.1	L, R
Rend. MS, t/ha	24.0	25.5	24.0	26.8	23.3	26.1	21.1	28.8	L, R
Grano, % MS	42.0	45.8	43.9	46.3	43.3	47.3	46.5	43.0	L, R
APL, cm	276		277		268		234	313	L
FDN, % MS	49.7	47.4	46.9	46.7	47.1	44.8	43.1	51.1	L, R
CNF, % MS	35.1	38.0	38.4	39.4	38.2	41.0	42.5	34.2	L, R
Almidón, % MS	24.2 <sup>d</sup>	29.6 <sup>b</sup>	27.8 <sup>c</sup>	30.2 <sup>b</sup>	27.4 <sup>c</sup>	32.4 <sup>a</sup>	29.0	28.2	H x R
ENL, Mcal/kg	1.32 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>	1.32 <sup>b</sup>	1.31 <sup>b</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.34	1.32	H x R
DMS <sub>36</sub> , % MS	62.7	63.7	63.1	63.2	64.4	65.7	64.6	63.0	NS
DFDN <sub>36</sub> , %FDN	42.9	43.0	42.9	43.1	42.7	40.4	40.8	44.3	L

<sup>a,b,c,d</sup> Cuando hubo interacción o diferencias entre híbridos, las medias se separaron con diferente literal.

<sup>1</sup>Significancia estadística ( $P < 0.05$ ). L = localidad, R = madurez de grano, H = híbrido, NS = no significativo.

MS = materia seca, APL = altura de planta, FDN = fibra detergente neutro, CNF = carbohidratos no fibrosos, ENL = energía neta de lactancia a 3X mantenimiento (NRC, 2001), DMS<sub>36</sub> = digestibilidad in situ a 36 h, DFDN<sub>36</sub> = digestibilidad in situ de la FDN a 36h.

Como se observa en Cuadro 1, el contenido de FDN fue superior en Pabellón comparado a La Laguna, muy posiblemente a la mayor altura de planta; en contraste, el contenido de CNF fue mayor en La Laguna y menor en Pabellón, aunque el contenido de almidón no difirió entre las dos localidades. No hubo diferencias entre localidades para la DMS<sub>36</sub>, pero la DFDN<sub>36</sub> fue 3.5 unidades mayor en Pabellón que en La Laguna. En el presente estudio, aun cuando hubo diferencias entre FDN y CNF a favor de La Laguna comparado a Pabellón, la mayor DFDN en Pabellón compensó esas diferencias y equilibró la concentración de ENL ya que no difirió entre localidades. Por otra parte, cosechar en R5 diluyó el contenido de FDN en mayor cantidad de CNF sin afectar la DMS<sub>36</sub> y la DFDN<sub>36</sub>. Así pues, los hallazgos indican que se puede optimizar cantidad de grano sin perder digestibilidad al cosechar en R5, pero que estas consideraciones aplican diferenciadamente en una zona templada que en una cálida.

### Estudio 2.

Como se observa en el Cuadro 2, el contenido de MS fue superior en el maíz cultivado en labranza cero que en labranza mínima o tradicional. Asimismo, el rendimiento de MS fue superior en labranza cero que en labranza mínima y a su vez éste fue mayor que el rendimiento de MS en labranza tradicional. La altura de planta difirió entre tratamientos, siendo menor en labranza tradicional comparada a labranza mínima o cero. El mayor contenido y rendimiento de MS en labranza cero a similar altura de planta que en labranza mínima, se podría deber a un mayor contenido de grano en la MS del forraje en el maíz cultivado en labranza cero. Esto último se confirma al observar la composición química, el forraje cosechado en labranza cero tuvo menor contenido de FDN pero mayor CNF y almidón que sus contrapartes de labranza mínima o tradicional. No obstante, la concentración de ENL no difirió entre tratamientos, lo que pudo estar asociado a efectos compensatorios de la DMS<sub>36</sub> y la DFDN<sub>36</sub> sobre la composición química del forraje.



Por razones inciertas, la fracción de pdFDN<sub>120</sub> difirió entre sistemas de labranza a favor del forraje de maíz cultivado en labranza mínima; podría ser posible que un desarrollo radicular y tallos más sanos incidan en menor lignificación de la FDN, ya que ello controla la uFDN y por ende la pdFDN (Lopes et al., 2015). El estimado de producción de leche fue 3.1 t/ha mayor en el forraje de maíz cultivado en labranza cero y mínima (44.2 t/ha) comparado al forraje cosechado en labranza tradicional (41.1 t/ha).

Cuadro 2. Variables agronómicas y de calidad forrajera de forraje de maíz cortado a 15 o 40 cm sobre la base del suelo en tres sistemas de labranza (Pabellón, Ags.)

	LABRANZA1			ALTURA CORTE		P <sup>2</sup>
	TRAD	MINI	CERO	15 cm	40 cm	
MS, %	31.0 <sup>b</sup>	31.3 <sup>b</sup>	33.4 <sup>a</sup>	31.3	32.4	L, A
Rend. MS, t/ha	25.6 <sup>b</sup>	26.7 <sup>ab</sup>	27.2 <sup>a</sup>	26.9	26.1	L, A
APL, cm	322 <sup>b</sup>	332 <sup>a</sup>	331 <sup>a</sup>	-	-	L
FDN, % MS	49.7 <sup>a</sup>	50.8 <sup>a</sup>	47.4 <sup>b</sup>	51.0	47.6	L, A
CNF, % MS	34.0 <sup>b</sup>	32.3 <sup>c</sup>	36.0 <sup>a</sup>	32.4	35.8	L, A
Almidón, % MS	26.5 <sup>b</sup>	25.2 <sup>c</sup>	28.1 <sup>a</sup>	25.6	29.4	L, A
ENL, Mcal/kg	1.22	1.25	1.25	1.19	1.28	A
DMS <sub>36</sub>	67.2 <sup>c</sup>	69.4 <sup>b</sup>	70.4 <sup>a</sup>	67.0	70.9	L, A
DFDN <sub>36</sub>	35.2 <sup>b</sup>	38.9 <sup>a</sup>	35.5 <sup>b</sup>	35.6	37.4	L, A
pdFDN <sub>120</sub>	54.3 <sup>b</sup>	56.4 <sup>a</sup>	55.5 <sup>ab</sup>	53.0	57.7	L, A
Leche <sup>3</sup> , (t/ha)	41.1 <sup>b</sup>	43.7 <sup>a</sup>	44.7 <sup>a</sup>	42.2	44.0	L, A

<sup>a,b,c,d</sup> Cuando hubo entre las medias para sistema de labranza, éstas fueron separadas con diferente literal.

<sup>1</sup>TRAD = labranza tradicional, MINI = labranza mínima, CERO = labranza cero.

<sup>2</sup>Significancia estadística ( $P < 0.05$ ). L = efecto de sistema de labranza, A = efecto de altura de corte.

MS = materia seca, APL = altura de planta, FDN = fibra detergente neutro, CNF = carbohidratos no fibrosos, ENL = energía neta de lactancia a 3X mantenimiento (NRC, 2001), DMS<sub>36</sub> = digestibilidad *in situ* a 36 h, DFDN<sub>36</sub> = digestibilidad *in situ* de la FDN a 36h, pdFDN<sub>120</sub> = FDN potencialmente digestible a 120 h obtenida como: % pdFDN = 100 - uFDN<sub>120</sub>.

<sup>3</sup>Leche (t/ha) calculada en el programa Milk-2006 (UW-Madison) con el rendimiento obtenido y composición química aquí presentada.

Al elevar la altura de corte de 15 a 40 cm se incrementó en 1.1 unidades el contenido de MS, pero disminuyó en 0.8 t/ha el rendimiento de MS (Cuadro 2). El contenido de FDN fue inferior en el forraje cosechado a 40 cm que a 15 cm, y en consecuencia, se elevó la concentración de CNF y almidón. Asimismo, la ENL fue 0.08 unidades mayor en el forraje cosechado a 40 cm vs. 15 cm; esto debido a un efecto positivo en la DMS<sub>36</sub>, DFDN<sub>36</sub> así como mayor fracción de pdFDN<sub>120</sub>. Por consiguiente, la pérdida de rendimiento de MS fue compensada con un mayor estimado de producción de leche. Éstos hallazgos sugieren que, la fracción de 25 cm que no se cosechó en el forraje cortado a 40 cm de altura de corte, estuvo compuesto mayoritariamente por FDN lignificada, la cual reduce la tasa de degradación (kd) de la FDN (Lopes et al., 2015).





### Estudio 3.

No hubo efecto de híbrido en la DAL a 12 o 24 h de incubación *in situ*. Se detectó una interacción entre el tiempo de incubación y los días a cosecha, en donde los híbridos cosechados a 142 días tuvieron en promedio 10 unidades porcentuales más de DAL<sub>12</sub> que aquellos cosechados a 128 o 135 días. Sin embargo, la DAL<sub>24</sub> no difirió entre días a cosecha y promedió en 94.1% (Figura 1). Es incierto explicar la mayor DAL<sub>12</sub> del grano completamente masoso (R5) cosechado a 142 días, aunque la literatura consultada indica que hay movilización de proteínas entre el grano y la planta durante la síntesis de almidón cuando el grano está en R3 y R4 (Kosguy et al., 2013). Lo anterior puede incidir en la DAL ya que ciertas proteínas como las prolaminas interfieren con la disponibilidad del almidón en el rumen (Ferrareto et al., 2015).

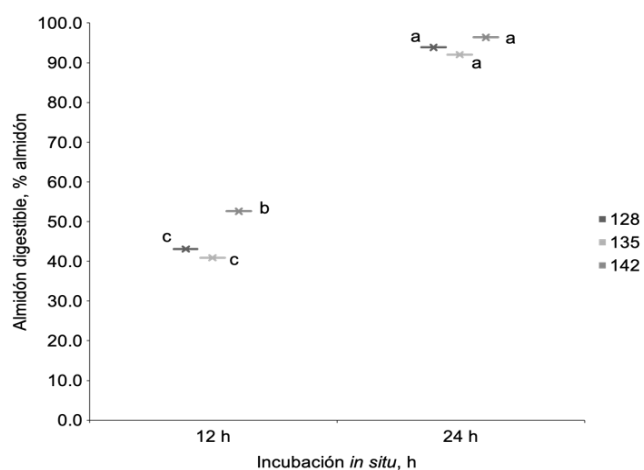


Figura 1. Digestibilidad del almidón a 12 y 24 h de forraje de maíz cosechado a 128, 135 o 142 días. (a,b,c medias con diferente literal difieren estadísticamente).

### Conclusiones

Los hallazgos indican que hay condiciones para elevar el rendimiento y optimizar el valor nutricional del maíz forrajero. La selección de híbridos por rendimiento y tolerancia a *Fusarium* spp. y la cosecha en tiempo óptimo, de acuerdo a las condiciones de cada localidad, inciden en obtener un forraje de mayor valor nutricional; y si además se agregan prácticas agronómicas de conservación y mejoramiento de suelo como elevar la altura de corte se mejora la digestibilidad del forraje y se retorna en mayor producción de leche. La integración estratégica de cada sub-proceso impulsa una producción de maíz forrajero más eficiente y sustentable.

### Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento otorgado al proyecto de Optimización de la Producción de Forrajes con registro SIGI-110534804 que ha hecho posible el desarrollo de esta investigación.



## Referencias

- AOAC International Methods (Mary B. Hall). 2015. Determination of dietary starch by an enzymatic-colorimetric method: a collaborative study. *J. AOAC International*. 98(2): 397-409.
- Ferrareto L.F., P.M. Crump, and R.S. Shaver. 2015. Effect of ensiling time and exogenous protease addition to whole-plant corn silage of various hybrids, maturities, and chop lengths on nitrogen fractions and rumina in vitro starch digestibility. *J. Dairy Sci.* 98:8869-8881.
- Kosguy, J.R., D.J. Moot, A.L. Fetcher, and B.A. McKenzie. 2013. Dry matter accumulation and post-silking N economy of stay-green maize (*Zea mays* L.) hybrids. *European J. Agron.* 51(10):43-52.
- Lopes, F., D.E. Cook, and D.K. Combs. 2015. Validation of an in vitro model for predicting rumen total-tract fiber digestibility in dairy cows fed corn silage with different in vitro neutral detergent fiber digestibilities at 2 levels of dry matter intake. *J. Dairy Sci.* 98:574-585.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7<sup>th</sup> ed. Natl. Acad. Press. Washington, D.C.
- Ogunade I.M., C. Martínez-Tupia, O.C.M. Queiroz, Y. Jiang, P. Drouin, F. Wu, D. Vyas, A.T. Adegosan. 2018. Silage review: mycotoxins in silage: occurrence, effects, prevention, and mitigation. *J. Dairy Sci.* 101:4034-4059.
- Ramírez, G.D.E., E. Medina, L. Loza, J.J. Olmos y O.I. Santana. 2020. Estudio exploratorio para optimizar la acumulación de materia seca en forraje de maíz para ensilaje. *AGROFAZ.* 32:878-883.
- Santana, O.I. 2018. Impact of forage level and source in intensive dairy farms: whole-farm nutrient balance, lactation performance, and feeding behavior. PhD Thesis, Department of Dairy Science of UW-Madison.
- SIAP. 2021. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno Federal México. Fecha de consulta: 20/12/2021. <http://nube.siap.gob.mx/>



## PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE GENOTIPOS DE *Lotus corniculatus* L., AL VARIAR LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN

Olivas-Pérez Ana Laura<sup>1\*</sup>, Álvarez-Vázquez Perpetuo<sup>2</sup>, García-Martínez José Eduardo<sup>2</sup>, Pedroza-Sandoval Aurelio<sup>3</sup>, Encina-Domínguez Juan Antonio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria, Periférico Raúl López Sánchez, CP 27054, Torreón, Coah. México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah. México. <sup>3</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carr. Gómez Palacio - Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Dgo. \*Autor de correspondencia: analauraolivasperez@gmail.com

### Introducción

La baja disponibilidad de recursos forrajeros en la región norte del país crea la necesidad de generar y caracterizar cultivares alternativos, los cuales presenten tolerancia a las condiciones medioambientales de esta región con poca disponibilidad hídrica (PROCISUR, 2010). La actividad ganadera utiliza principalmente alfalfa (*Medicago sativa* L.), la cual requiere altos volúmenes de agua para producción, lo que ha generado la necesidad de introducir cultivos alternativos con la capacidad de sobrevivir con menores requerimientos de hídricos sin generar cambios en la fisiología. Una de las alternativas que destaca con mayor potencial forrajero es el *Lotus corniculatus* L, esta especie tiene alta capacidad de adaptación a diferentes condiciones agronómicas, respecto a otras leguminosas, tales como la tolerancia a la inundación, sequía, bajos niveles de nutrientes en el suelo, suelos ácidos y con altos niveles de Al y Mn (Guillen & Widdup, 2008). Existen 12 tipos de genotipos de *L. corniculatus* que se ha buscado introducir en México como fuentes de forraje de los cuales han mostrado mejores características de adaptación (García-Bonilla, 2014). Sin embargo, en México han sido pocos los estudios de esta leguminosa, entre ellos se encuentran la evaluación del comportamiento productivo, donde Álvarez et al. (2018) determinó el potencial forrajero de *L. corniculatus* en el genotipo 260012, evaluando diferentes estrategias de manejo. No obstante, por la gran variación de resultados a nivel internacional y la escasa información que hay en el país, sobre el potencial productivo y calidad nutritiva, es necesario ampliar el estudio de esta leguminosa, para determinar el potencial productivo de los diferentes genotipos y su adaptación a las diferentes regiones donde se puede cultivar. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo y rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. (232098, 226796, 255301) a diferentes intervalos de corte, utilizando como testigo la alfalfa variedad Premium, en condiciones semi-controladas de invernadero en la estación de verano del 2022.

### Materiales y métodos

El proyecto se llevó a cabo del 20 de junio al 12 de septiembre del 2022, en el invernadero del departamento de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN Saltillo, ubicado en las coordenadas 25° 21' 12.6" N, 101° 02' 09.7" O, con un clima templado semiseco y una temperatura media anual de 22 °C. Las condiciones ambientales, temperaturas máximas, mínimas, medias y humedad relativa fueron estimadas mediante un higrómetro digital modelo WS08 ubicado a un 1 m de altura del área experimental.



Se utilizaron los genotipos de *Lotus corniculatus* L.; (232098, 226796 y 255301) y un testigo que fue la alfalfa variedad Premium los cuales se sometieron a 3 frecuencias de corte (FC) de acuerdo con la especie; Corte Severo (CS), Corte Optimo (CO) y Corte Ligero (CL) a 28, 35 y 42 días respectivamente en alfalfa y a 42, 49 y 56 días en *L. corniculatus*.

Se establecieron 15 macetas de capacidad de 18 kg, por genotipo, por frecuencia de corte (60 macetas). Al cumplir con el tiempo de rebrote se cosecharon las plantas correspondientes a la especie y FC y se separaron en hojas, tallos, material muerto (senescencia) e inflorescencia, de los cuales se calculó, el rendimiento total (suma de componentes), su aportación al rendimiento de materia seca en g MS planta<sup>-1</sup> y porcentaje. Los componentes se secaron en una estufa de aire forzado modelo Felisa Modelo FE-243A, durante 72 horas posteriores a su corte, hasta mantener un peso constante. Después se pesaron cada uno de los componentes en una balanza analítica OHAUS Explorer Pro. Se hizo un ANOVA mediante el procedimiento PROC GLM del SAS versión 9.4, y una comparación de medias con Tukey ( $p < 0.05$ ).

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra el rendimiento de forraje de cuatro cultivares de *Lotus corniculatus* L., y alfalfa var. Premium. El CS muestra el mayor rendimiento con un promedio de 23.5 (CS), 15.0 (CL) y 16.8 (CO) g MS planta<sup>-1</sup>. Independientemente de la frecuencia de corte, el cultivar 226796 tuvo la mayor producción promedio con 22.3 g MS planta<sup>-1</sup>.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., y alfalfa (*Medicago sativa* L.) durante la estación del verano en el invernadero de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN Saltillo.

Cultivar	Frecuencia de corte			Promedio	Sig.
	CS	CO	CL		
232098	20.3 <sup>ABa</sup>	14.7 <sup>ABb</sup>	17.6 <sup>Aab</sup>	17.5 <sup>BC</sup>	0.0738
226796	28.8 <sup>Aa</sup>	16.5 <sup>Aab</sup>	21.7 <sup>Ab</sup>	22.3 <sup>A</sup>	0.0615
255301	28.3 <sup>Aa</sup>	16.6 <sup>Ab</sup>	17.8 <sup>Ab</sup>	20.9 <sup>AB</sup>	0.0003
Alfalfa	16.6 <sup>Ba</sup>	12.3 <sup>ABab</sup>	10.1 <sup>Bb</sup>	13.0 <sup>C</sup>	0.2437
Promedio	23.5 <sup>A</sup>	15.0 <sup>B</sup>	16.8 <sup>B</sup>	18.4	0.0006
Sig.	0.0322	0.0021	0.004		<.0001

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ( $p > 0.05$ ). Sig. = Significancia. Cortes fijos definidos por frecuencia; CS = 28 días en alfalfa 42 días en trébol, CO = 35 días en alfalfa 49 días en trébol y CL = 42 días en alfalfa 56 días en trébol.

En cuanto a la composición morfológica, la hoja fue la que más aportó al RF. El 255301 fue el genotipo de con mayor producción de este componente en las 3 frecuencias. El componente de mayor aporte al rendimiento total en los genotipos de *Lotus* fue la hoja, en el 226796, quien superó al resto en las 3 frecuencias de corte. En contraparte en la alfalfa la hoja obtuvo la mayor cantidad solo en el CS. Los componentes que menos aportaron fueron el material muerto e inflorescencia. La alfalfa produjo la menor cantidad de tallo respecto a los genotipos de *L. corniculatus*. El material muerto, solo se observó en el CS en la alfalfa, en el resto de los genotipos, este y la inflorescencia fueron nulos. El componente inflorescencia se observó en las 3 frecuencias de corte en la producción de alfalfa donde el CO reflejó la mayor cantidad entre ellos. Hernández *et al.* (2021) en un estudio de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. incluido el 226796, en el que registraron una mayor aportación por parte de la hoja con un 86 % cuando la planta tenía 7 días de rebrote. Respecto al tallo y material muerto a la misma edad de rebrote, obtuvieron 14 y 0 % de aportación respectivamente.

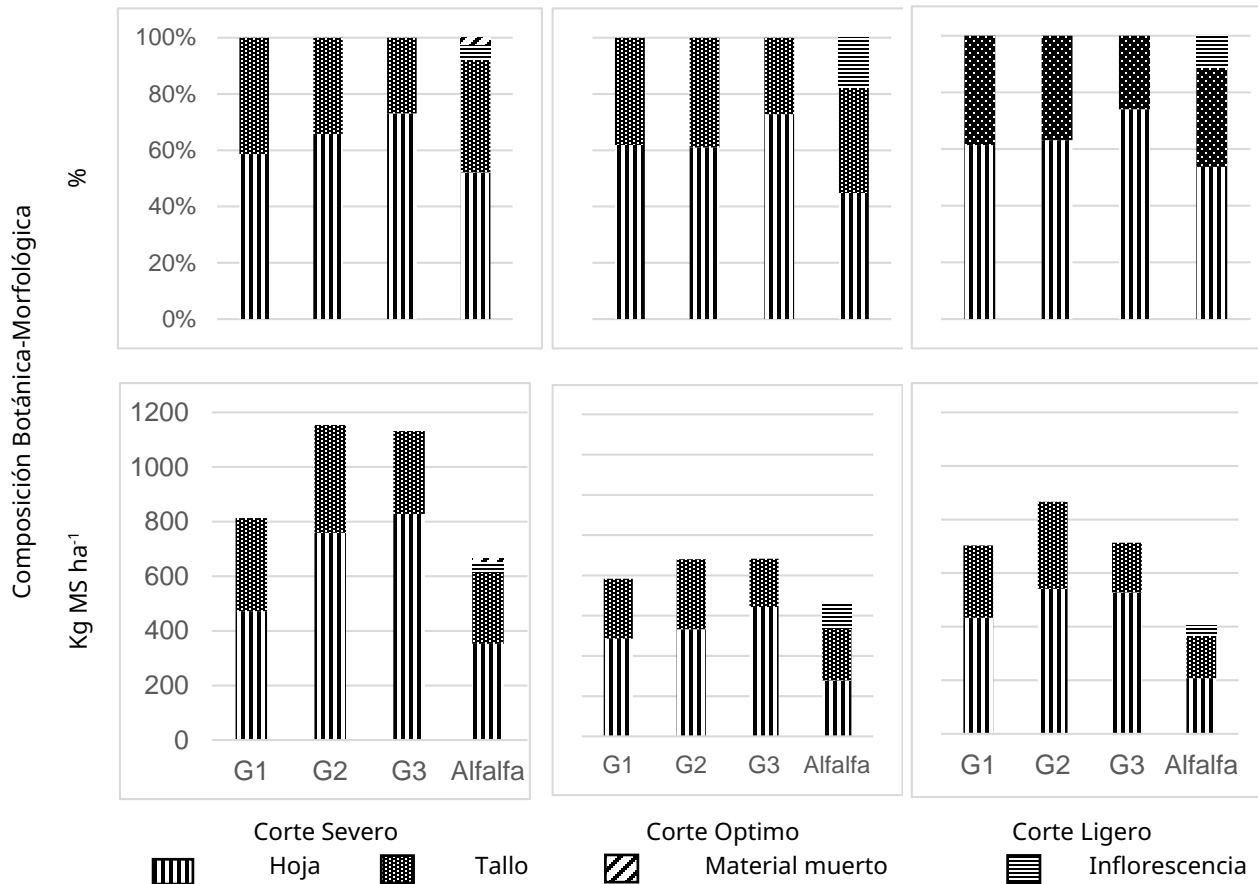


Figura 1. Composición botánica de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechados a diferentes frecuencias de corte y por cultivar: *L. corniculatus* a 42, 49 y 56 días y para alfalfa cada 28, 35 y 42 días.

## Conclusión

El rendimiento de forraje mostró diferentes resultados según el cultivar y la frecuencia de corte, el genotipo 226796 registró el mayor rendimiento de forraje durante todos los cortes seguido del 255301, el 232098 y al final la alfalfa, sin embargo, en frecuencia de corte el corte severo se obtuvo los mayores resultados para los cuatro cultivares. El componente hoja de la composición botánica en porcentaje y en kg MS ha<sup>-1</sup>, registró los mayores aportes en los cuatro cultivares resaltando el genotipo 255301 con el mayor promedio. Por otro lado, el componente inflorescencia solo se registró en el cultivar Alfalfa siendo nulo en los 3 genotipos de *L. corniculatus*.



## Referencias

- Álvarez-Vázquez, P., García de los-Santos, G., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Cerrilla, M. E., Hernández-Garay, A. (2018). Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. *Agrociencia*, 52(8), 1081-1093. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1724/1724>
- García-Bonilla, D. V., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., García de los Santos, G., Lagunes-Rivera, S. A. (2014). Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*, 7(13), 170-189. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n13/v7n13a10.pdf>
- Guillén R. and Widdup K. (2008). Program of improvement in *Lotus corniculatus* L.: Base Germplasm characterization. [Programa de mejoramiento en *Lotus corniculatus* L.: Caracterización del germoplasma base]. *Lotus Newsletter*. 38: 2 - 67
- Hernández-Guzmán, F. J., Álvarez- Vázquez, P., Flores-Naveda, A., Camposeco-Montejo, N., Wilson-García, C. Y., Martínez-Martínez, R. (2021). Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en función de la edad al corte. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8 p. <https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2937>



## ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE TRITICALE (*x-Triticosecale Wittmack*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) COSECHADOS A DIFERENTES EDADES DE LA PLANTA

Abel Hipolito-Ruiz<sup>1\*</sup>, Perpetuo Álvarez-Vázquez<sup>2</sup>, Miguel Á. Mellado Bosque<sup>2</sup>, Juan A. Encina Domínguez<sup>2</sup>, José E. García Mtz.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria, Periférico Raúl López Sánchez, CP 27054, Torreón, Coah. México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México \*Autor de correspondencia: abelruizrp\_22956@hotmail.com

### Introducción

Los ganaderos grandes y pequeños enfrentan una temporada del año de menor disponibilidad de forraje de praderas cultivadas y tierras de pastizal. Por lo que se ven obligados a buscar alternativas para alimentar apropiadamente su ganado (Suttie, 2003). El estado de Coahuila es una de las principales regiones ganaderas en México. Sin embargo, existen limitantes en la producción de forraje al no tener cultivos alternativos a los tradicionales de la región como lo es la alfalfa (*Medicago sativa*), que permitan sustituir parte del balance nutricional del ganado principalmente en la época de invierno donde se existe mayor escasez (SAGARPA, 2013). Esto se debe a que las bajas temperaturas de esta temporada limitan el crecimiento y desarrollo de algunos cultivos, por lo que resulta importante buscar nuevas variedades como alternativa forrajera en la región. Dada esta situación se reafirma la necesidad de evaluar nuevos cultivos y variedades con tolerancia a estrés hídrico que son importantes para garantizar las cosechas de los cultivos en el futuro y con esto seguir cubriendo la demanda de alimentación del ganado. Para determinar el potencial forrajero de los cereales de grano pequeño como el triticale y cebada es importante estudiar la acumulación de materia seca, y conocer el desarrollo de las mismas. Es por esto que el análisis de crecimiento vegetal, es una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa. Además, si en cada etapa de crecimiento se determina la composición morfológica del cultivo, es probable definir el número y el rendimiento por hectárea de hojas, tallos, material muerto o espigas presentes, los cuales pueden utilizarse como indicadores de calidad del forraje cosechado (García, 2017). El objetivo de este trabajo fue realizar las curvas de acumulación de forraje y componentes morfológicos, para determinar el momento óptimo de corte.

### Materiales y métodos

El presente estudio fue realizado del 31 de agosto del 2021 al 23 de diciembre del 2021, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1783 m. El clima del lugar es templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. Los inviernos son extremosos, predominan temperaturas máximas superiores a 18 °C y algunos días con temperaturas mínimas inferiores a 0 °C. El promedio anual de precipitación en la zona es de 340 mm (Climate-Data-org, 2010).



El suelo presenta una textura migajón arcilla-arenoso, con una densidad aparente de 1.25 g cm<sup>3</sup>, pH 7.38, conductividad eléctrica, 0.530 mS/cm y un porcentaje de materia orgánica del 3.026 %. Se establecieron los cereales triticale (x-Triticosecale Wittmack) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) en 6 parcelas de 6 X 10 m (60 m<sup>2</sup>), establecidas al voleo a una densidad de siembra de 140 kg/h y 120 PSV/ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los muestreos se llevaron a cabo durante 12 cortes sucesivos de manera semanal desde los 35 a los 112 Días Después de la Siembra (DDS). Las variables evaluadas fueron Rendimiento de Forraje (RF), Composición morfológica (CBM) y Altura de la Planta (AP). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones, mediante el procedimiento PROC GLM de SAS y una comparación de medias con la prueba Tukey (p<0.05).

## Resultados y discusión

En los diferentes cultivares se obtuvo un incremento sucesivo en el rendimiento de forraje (Figura 1). En todos los muestreos la cebada supero al del triticale. Conforme aumento la edad del cultivo incremento el rendimiento de forraje, alcanzando los valores más altos a los (112 DDS) para el triticale, con un rendimiento de 8147 kg MS ha<sup>-1</sup>) y la cebada de 11532 kg MS ha<sup>-1</sup>.

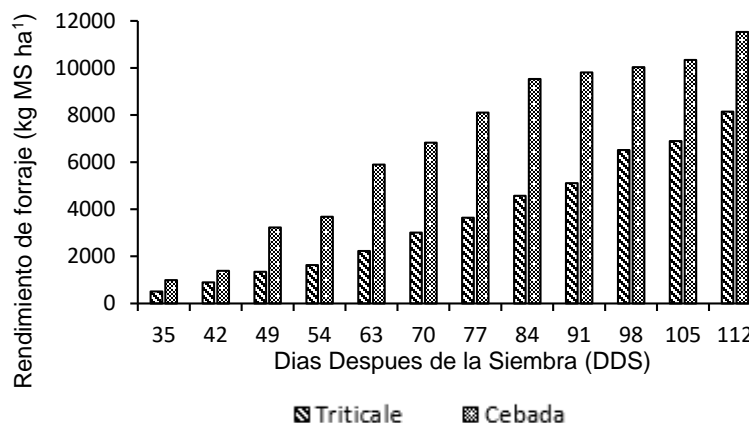


Figura 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) de Triticale (*Triticosecale Wittmack*) y de cebada (*Hordeum vulgare* L.), cosechado a diferentes edades, días después de la siembra (DDS).

El componente morfológico con mayor presencia fue la hoja, seguido por el tallo y los demás componentes. Para el cultivar Triticale la mayor cantidad de hoja se obtuvo a los 98 DDS (3331 kg MS ha<sup>-1</sup>) y en el caso de la cebada se obtuvo a los 63 DDS (2637 kg MS ha<sup>-1</sup>). A partir de esas fechas de corte, en ambos cultivares el componente hoja fue disminuyendo, sin embargo, la cantidad de tallos y material muerto fue aumentando, el peso de los tallos fue superando al peso de las hojas, la aportación de la inflorescencia al rendimiento para el cultivar de Triticale inició a los 98 DDS y a los 63 DDS para la Cebada.





Así mismo, se observó que los componentes tallo y material muerto están correlacionados de manera positiva con el incremento en la edad de las plantas (Figura 2). En el material muerto no se presentaron diferencias entre cultivares ( $p > 0.05$ ) con un valor promedio de presencia del 4% para ambos cultivares equivalente a  $162 \text{ kg Ms ha}^{-1}$  para el cultivar Triticale y  $206 \text{ kg Ms ha}^{-1}$  para la cebada. La maleza se presentó al inicio del experimento, una vez creciendo ambos cultivares no permitieron la presencia de este componente.

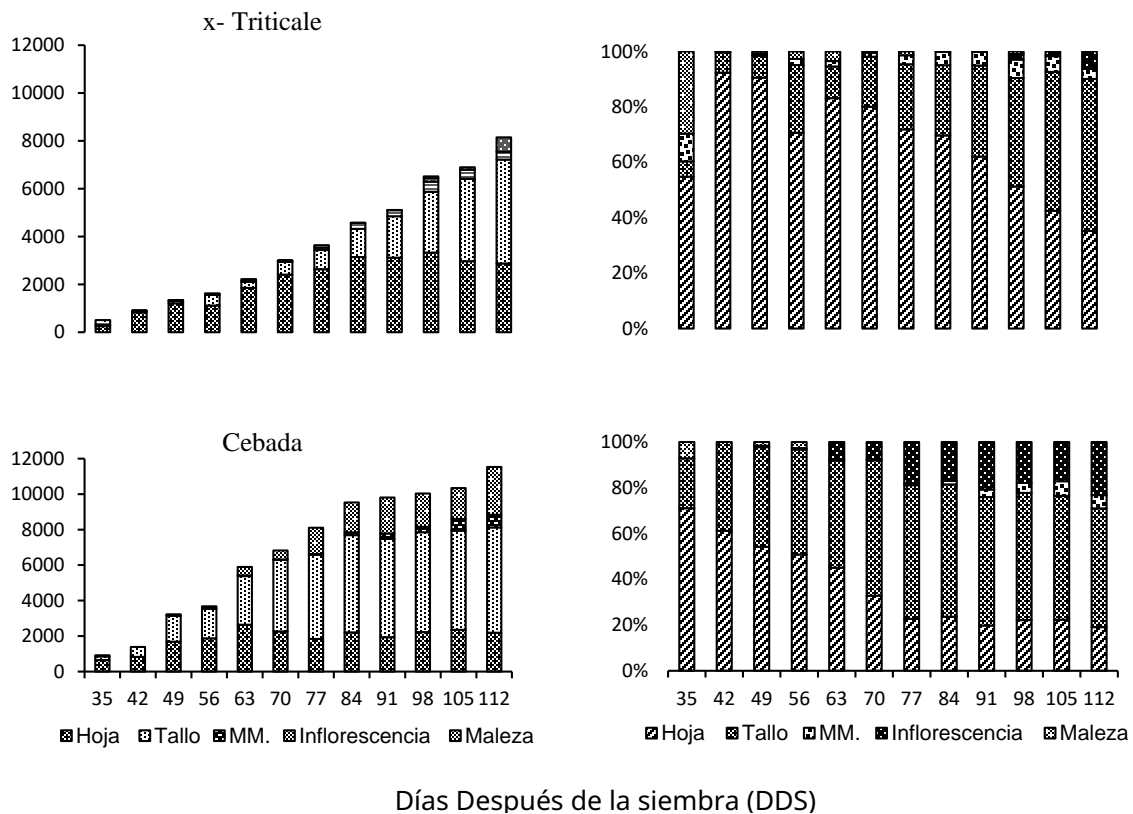


Figura 2. Composición botánica y morfológica ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) de Triticale (*x-Triticosecale Wittmack*) y de cebada (*Hordeum vulgare L.*), cosechado a diferentes edades, días después de la siembra (DDS).

La variable altura se incrementó conforme avanzó la edad de planta en ambos cultivares (Figura 3). En el caso del triticale (*x-Triticosecale Wittmack*) las mayores alturas se obtuvieron a los 112 DDS con 101 cm medidos con la regla y con el plato alcanzando una altura de 64 cm. En el triticale el crecimiento es de una forma más gradual en comparación con la Cebada (*Hordeum vulgare L.*), sus mayores alturas registradas fueron 125 cm y 66 cm respectivamente, a los 91 DDS. Por tanto, la altura en los dos cereales, se fue incrementando conforme avanzó la edad de la planta, después de alcanzar los valores más altos, esta se mantuvo estable durante las tres últimas fechas de evaluación para el caso de la Cebada.



Mendoza et al., (2011) considera que la altura de forraje está influenciada por la época de siembra, al evaluar tres épocas de siembra en la estación de invierno (09 y 23 de noviembre y 07 de diciembre) registrando alturas de 104 y 102 cm en las primeras dos fechas y 68cm en la tercera fecha.

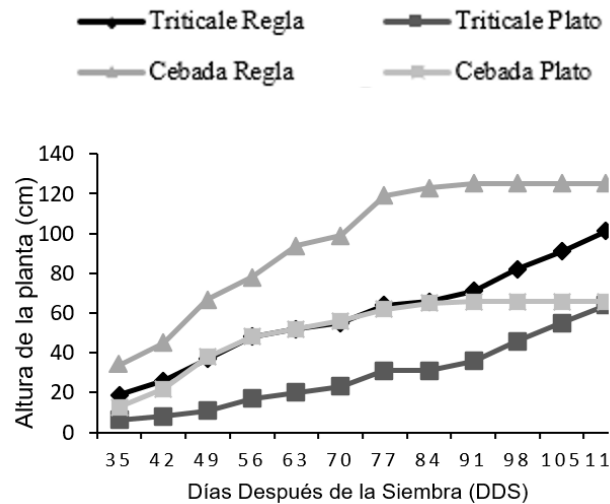


Figura 3. Altura de la planta (AP) del x-triticale (*Triticosecale Wittmack*) y cebada (*Hordeum vulgare* L.). cosechados a diferentes días después de la siembra (DDS).

## Conclusiones

El rendimiento de materia seca del cultivar de la cebada supero en todos los cortes al xtriticale, al igual en el peso de cada uno de sus componentes morfológicos.

La cebada es el cereal que tiene un desarrollo más rápido en comparación con el Triticale, es decir en menor tiempo llega a su madurez. La acumulación de forraje y los componentes tallo, material muerto y espigas están correlacionados de manera positiva con la mayor madurez de la planta.

El momento óptimo de corte para el cultivar Triticale (*x-Triticosecale Wittmack*) se encontró a los 98 DDS y cebada a los 63 DDS.



## Referencias

- Bolandi, A., A. A. Imani, H. Shahbazi, and A. Mehraban. 2012. The study of compatibility and stability of grain yield in barley advanced genotypes in tropical and subtropical rainfed regions. *Ann Biol. Res.* 3: 5540-5544.
- García, C. Y.W, Hernández Garay A., Ortega Cerrilla M. E., Bárcena Gama, R. Zaragoza Ramirez, J.L., & Aranda Osorio, G. 2017. Analisis de crecimiento de tres lines de cebada para producción de forraje. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias.* 49 (2): 79-92.
- Juskiw, P.E., Helm, J.H., Salmon, D.F. 2000. Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40, 148–158.
- Maloney, T.S., Oplinger, E.S., Albrecht, K.A. 1999. Small grains for fall and spring forage. *J. Prod. Agric.* 12, 488–494.
- Mendoza, E.M.; Cortez, B. E.; Rivera, R. J. G.; Rangel, L. J. A.; Andrio, E. E y Cervantes, O. F. 2011. Epoca y densidad de siembra en la producción de semilla de triticale (X Triticosecale Witmack). México, *Agro.Mesoam.* 22(2): 309-316.
- Sevilla, G.A., Pasinato, A., García, J.M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch Latinoam Anim. Prod* 9, 91–98.
- Suttie, J.M. 2003. Conservación de heno y paja: para pequeños productores y en condiciones pastoriles. FAO. <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s00.HTM>
- Suttie, J.M. 2003. Conservación de heno y paja: para pequeños productores y en condiciones pastoriles. FAO. <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s00.HTM>
- VALENZUELA, I. y TORRENTE, A. *Ciencia del suelo principios básicos. Física de suelos.* 2 ed. Bogotá (Colombia): Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2013, p. 143-207.



## RENDIMIENTO ESTACIONAL DE TRES ESPECIES FORRAJERAS EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

Alan E. Fuentes Huerta<sup>1\*</sup>, Perpetuo Álvarez Vázquez<sup>2</sup>, Miguel Á Mellado Bosque<sup>2</sup>, Juan A Encina Domínguez<sup>2</sup>, José E García Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054. Torreón, Coah. México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México. \*Autor de correspondencia: alanhuertazac@gmail.com

### Introducción

Los forrajes constituyen la alternativa de alimentación predominante en los diferentes sistemas de producción animal, ya que constituyen la fuente más económica para satisfacer el consumo voluntario de los rumiantes y son necesarios para garantizar su adecuada fisiología ruminal (Reynolds, 2000). Los forrajes son la especie base de la alimentación del ganado para la producción de carne y leche. Por ende, las plantas forrajeras perennes son importantes en la dieta de rumiantes domésticos (Pérez et al., 2002). En la zona templada de México existen sistemas de producción animal que basan su alimentación en praderas puras y asociadas (Rojas et al., 2016). Las gramíneas y las leguminosas son importantes puesto que son la base de la alimentación en los sistemas de pastoreo. Las gramíneas más utilizadas en este tipo de sistemas son: ballico o raigrás perenne (*Lolium perenne* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y, así como leguminosas, como trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Estas especies se encuentran sembradas en aproximadamente 171 520 hectáreas, que representa el 13% de la superficie total de esta zona (Améndola et al., 2005). Por esto se requiere conocer los cambios morfológicos estacionales y anuales de trébol blanco, pasto ovilla, ballico perenne. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de una leguminosa y dos gramíneas, bajo condiciones edafo-climáticas del sureste del estado de Coahuila. A diferencia de las gramíneas la leguminosa tendrá mayor rendimiento de materia seca.

### Materiales y Métodos

El área experimental se ubica al sur de Saltillo, Coahuila, México con latitud: 25.4333, Longitud: -101 25° 25' 60" Norte, 101° 0' 0" Oeste, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el predio llamado el "bajío", con un suelo migajón arcilloso arenoso con un pH de 7.3 y un clima templado semiseco y con una precipitación anual de alrededor de 400 mm. El estudio se llevó a cabo en praderas de Trébol Blanco (TB), Pasto Ovilla (PO) y Ballico Perenne (BP), establecidas a una densidad de siembra de 5, 20 y 10 kg SPVha<sup>-1</sup>, respectivamente. La siembra se realizó el 19 de febrero de 2021, en un área experimental de 448 m<sup>2</sup>, la cual fue dividida en nueve parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m), en las cuales fueron distribuidos los cultivares en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Se aplicaron riegos cada 14 días a capacidad de campo, mediante un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6000, con una separación de 50 cm entre cada cintilla.



El 21 de junio se realizó un corte uniformización a 5 cm de altura residual con una desbrozadora STIHL FS 250, para homogenizar los cultivares y dar inicio al estudio. Los muestreos fueron a intervalos de cortes de acuerdo a las estaciones del año (primavera y verano cada 28 días, otoño cada 35 días, e invierno cada 42 días). Se realizó un análisis de varianza con el PROC GLM del SAS, y una comparación de medias (Tukey;  $p < 0.05$ ). Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de Materia Seca (RMS), Composición Botánica y Morfológica (CBM) y Altura de la planta (AP).

## Resultados y discusión

Se registró que el mayor RMS, en el pasto ballico perenne con 4,589 kg MS ha<sup>-1</sup>, en el verano con una tendencia a incrementar su producción desde el primer corte, lo que denota una mejor adaptación al pasar el tiempo, más sin embargo para el invierno, se registró un rendimiento de 1,698 kg MS ha<sup>-1</sup>, esta producción fue afectada por las bajas temperaturas. El TB registró el mayor rendimiento en la primavera con 6,817 kg Ms ha<sup>-1</sup>, durante la estación de otoño esta leguminosa registró 1,146 kg Ms ha<sup>-1</sup>, siendo el invierno donde se produjo la menor producción de RMS. El mayor RMS de PO fue durante la primavera con 4,512 kg Ms ha<sup>-1</sup>, seguida por el verano, la estación de otoño con 1,558 kg Ms ha<sup>-1</sup> siendo la menor para este cultivar. Las estaciones de primavera y verano, registraron los mayores RMS con 4,747 y 3,749 kg Ms ha<sup>-1</sup> respectivamente, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Rendimiento de Materia Seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.), cosechados estacionalmente en el Sureste del Coahuila México.

Cultivar	Estaciones				Anual	DMS	EEM
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera			
TB	3,596 <sup>Aab</sup>	1,146 <sup>Bb</sup>	2,345 <sup>Ab</sup>	6,754 <sup>Aa</sup>	13,841 <sup>A</sup>	3228	1142
PO	3,064 <sup>Ab</sup>	1,558 <sup>Bc</sup>	1,821 <sup>Ac</sup>	4,368 <sup>Aa</sup>	10,811 <sup>A</sup>	1086	384
BP	4,589 <sup>Aa</sup>	2,257 <sup>Ab</sup>	1,698 <sup>Ab</sup>	3,119 <sup>Aab</sup>	11,663 <sup>A</sup>	2022	715
□	3,749 <sup>ab</sup>	1,654 <sup>b</sup>	1,955 <sup>b</sup>	4,747 <sup>a</sup>			
DMS	3,748	486	2,074	5,076			
EEM	1,288	167	713	1,744			

Misma letra mayúscula, en una misma columna no son diferentes estadísticamente ( $p > 0.05$ ). Misma letra minúscula, en una misma fila no son diferentes estadísticamente (Tukey;  $p > 0.05$ ) EEM= error estándar de la media.

En TB los mayores porcentajes de hoja fueron en otoño e invierno con 51 y 56 % respectivamente. El mayor porcentaje de peciolo fue en la estación de primavera con 27%, en otoño 22% y en verano 10%. En el estolón en otoño se aportó el 8% y en verano 3.6%. El material muerto (M.m) en verano registró 13.3%, en otoño se 4%. La inflorescencia en la primavera solo aportó 3%. La maleza aportó 38.6% en el verano, en otoño 15% y 10% para primavera e invierno.



Para PO el mayor porcentaje de hoja fue en verano con 81%, en primavera y otoño, se registró 78% para ambas estaciones, y 57% en invierno. El tallo en primavera aportó 5%, en verano e invierno 3% y en otoño 4%. El M.m en primavera aportó el 4% y en invierno 39%, en verano y otoño se registró un 15 y 14% respectivamente. El componente inflorescencia y maleza registraron nula aportación.

En BP el mayor aporte de hoja fue de 75% en invierno, en otoño 70%, en verano 36% y en primavera 49% de hoja. El tallo durante la estación de primavera aportó 29%, en verano 25.6%, en invierno 4% y en otoño 11%. El M.m el mayor aporte fue de 16% en primavera, en invierno 13%, en otoño 7% y en verano se registró 9%. La inflorescencia se presentó en primavera, verano y otoño con 15, 27 y 6% respectivamente.

El rendimiento de hoja en TB fue de 3,541 kg MS ha<sup>-1</sup> en primavera, en verano e invierno 1,244 y 1,337 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, en otoño 592 kg MS ha<sup>-1</sup>. El peciolo durante la estación de otoño produjo 270 kg MS ha<sup>-1</sup>, en primavera 2,035 kg MS ha<sup>-1</sup>, en verano e invierno fue de 511 y 465 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. En estolón en primavera registró 235 kg MS ha<sup>-1</sup> y en invierno 81 kg MS ha<sup>-1</sup>. El material muerto en verano registró 508 kg MS ha<sup>-1</sup>, en primavera e invierno 394 y 294 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente; en otoño 43 kg MS ha<sup>-1</sup>. La inflorescencia en verano y otoño fue nula, en primavera registró 233 kg MS ha<sup>-1</sup>, en invierno 2 kg MS ha<sup>-1</sup>. La maleza fue 1,170 kg MS ha<sup>-1</sup> en verano, en primavera 262 kg MS ha<sup>-1</sup> y otoño 150 kg MS ha<sup>-1</sup>.

El mayor rendimiento de hoja de PO fue de 3,459 kg MS ha<sup>-1</sup> en la primavera, en verano se produjo 2,396 kg MS ha<sup>-1</sup>, en otoño 1,229 kg MS ha<sup>-1</sup> y en el invierno se produjo el menor rendimiento con 1,028 kg MS ha<sup>-1</sup>. En tallo el menor rendimiento se registró durante el invierno con 61 kg MS ha<sup>-1</sup>, el mayor rendimiento fue de 212 kg MS ha<sup>-1</sup> en primavera, en verano con 111 kg MS ha<sup>-1</sup>. El material muerto se hizo presente en las cuatro estaciones del año, siendo en el invierno la mayor con 731 kg MS ha<sup>-1</sup>, en primavera y verano se registraron 696 y 554 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, el menor rendimiento se registró en la época de otoño con 243 kg MS ha<sup>-1</sup>. Los resultados de rendimiento para el componente inflorescencia fueron nulos para las cuatro estaciones del año. El mayor rendimiento de maleza fue de 104 kg MS ha<sup>-1</sup> en otoño, en verano registró un rendimiento de 2.3 kg MS ha<sup>-1</sup> para invierno y primavera el rendimiento fue nulo.

En BP la hoja registró mayor rendimiento en verano con 1,796 kg MS ha<sup>-1</sup>, en otoño 1,633 kg MS ha<sup>-1</sup>, en primavera 1,544 kg MS ha<sup>-1</sup> y en invierno 1,261 kg MS ha<sup>-1</sup>. En tallo el mayor rendimiento fue 1,189 kg MS ha<sup>-1</sup> y 923 kg MS ha<sup>-1</sup> en verano y primavera respectivamente, en invierno fue donde se produjo el menor rendimiento. La inflorescencia solo se produjo en primavera, verano y otoño con 445, 1,071 y 111 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. La maleza en invierno fue 156 kg MS ha<sup>-1</sup> y en otoño 23 kg MS ha<sup>-1</sup>.

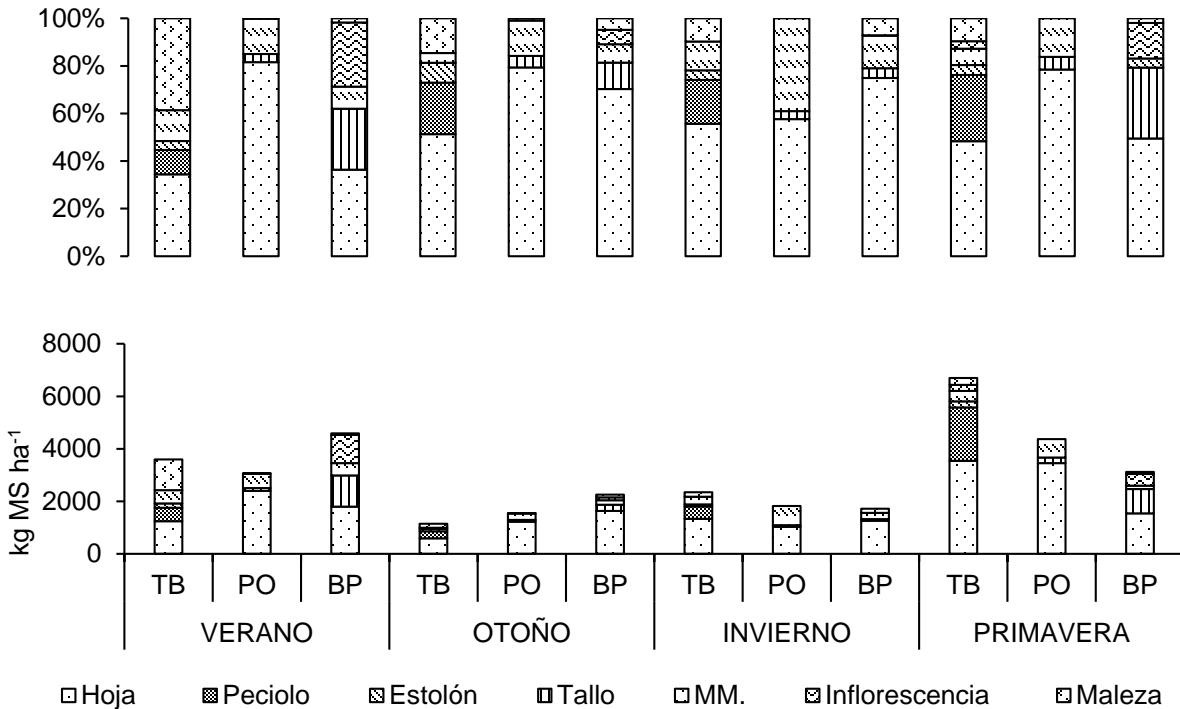


Figura 1. Representación morfológica (kg Ms ha<sup>-1</sup>) en aportación al rendimiento de forraje total de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.), cosechados estacionalmente durante verano, otoño, invierno, primavera, de 2021-2022 en el Sureste del Coahuila México.

## Conclusiones

La especie de ballico perenne (*Lolium perenne* L.), a diferencia de las otras especies estudiadas, fue la que tuvo el mayor rendimiento de materia seca, seguida por la leguminosa trébol blanco (*Trifolium repens* L.) así como por el pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en estación de verano y en la estación de primavera el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) fue el que registró más rendimiento de materia seca, seguido por el pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y por último el ballico perenne (*Lolium perenne* L.).

El componente hoja de la composición botánica - morfológica de los tres cultivares, tanto en porcentaje como en kg MS ha<sup>-1</sup>, registró el mayor rendimiento y porcentaje bajo las condiciones edafoclimáticas del sureste de Coahuila México. El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) durante la estación de verano registró mayor producción de maleza.



## Referencias

- Amendola, R.; Castillo, E. y Martínez, P. A. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros. Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org>.
- Durand, J. L.; Schäufele, R. and Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Ann. Bot.* 83(5):577-588.
- Reynolds, C. Forage evaluation using measurements of energy metabolism. In: D. I. Givens, E. Owen, R. F. EAxford and H. M. Omed, eds. *Forage evaluation ruminant nutrition*. USA: CABI Publishing. p. 95-111, 2000.
- Rojas, G. A. R.; Hernández, G. A.; Ayala, W.; Mendoza, P. S. I.; Joaquín, C. S.; Vaquera, H. H. y Santiago, O. M. A. 2016. Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovido (*Dactylis glomerata* L.), ballico perene (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Rev. Facultad Cienc. Agrar.* 48(2):57-68.





## EFFECTO DE LAS RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE EL DESARROLLO DE *Carya illinoensis* (W.) K. BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS SALINO

Rubén Palacio Rodríguez<sup>1</sup>, Jorge Saenz-Mata<sup>2</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>, Jesús G. Arreola-Avila<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo., Méx. CP 35230. <sup>2</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Gómez Palacio, Durango, México. CP 35010. \* Autor de correspondencia: jgarreola@chapingo.urzu.edu.mx

### Introducción

El nogal pecanero (*Carya illinoensis*) es una especie arbórea originaria del norte de México y sur de Estados Unidos, actualmente es uno de los cultivos hortícolas más importantes a nivel mundial (Olivera et al., 2021). Datos del INC-International Nut and Dried Fruit Council (2019), menciona que México tuvo una producción de 150,000 toneladas en el año 2019, ocupando el segundo lugar a nivel mundial. Esta planta es sensible a la salinidad, cuando se encuentra bajo estrés salino disminuye drásticamente su desarrollo e incluso los daños pueden ser letales para la planta (Miyamoto & Nesbitt, 2011). El estrés que causa la sal en el nogal, se refleja en la producción de hojas, el diámetro del tallo, el peso de los brotes y en el desarrollo de la raíz, generando plantas con menor biomasa, (Moreno et al., 2015). Investigaciones han demostrado que algunas bacterias presentes en la rizósfera, incrementan la producción de biomasa y alivian el estrés abiótico en las plantas. Estos microorganismos son considerados PGPR (de sus siglas Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Bhattacharyya & Jha, 2012). Entre las características de estas rizobacterias, están la capacidad de activar mecanismos relacionados con la defensa de las plantas, como el incremento en la producción de prolina, este aminoácido es capaz de aumentar la tolerancia a estrés por sequía, y concentraciones altas de salinidad (Dobbelaere et al., 2003). La inoculación de rizobacterias, ha sido considerada como la mejor forma de disminuir los efectos negativos de la salinidad en las plantas (Glick et al., 2007). Las PGPR sintetizan compuestos que actúan como inhibidores de la señalización que se dan en respuesta ante el estrés salino (Nadeem et al., 2010). A pesar de la importancia del cultivo del nogal, la susceptibilidad de la planta al estrés salino y la importancia de las PGPR en el ámbito agrícola, son pocas las investigaciones encaminadas a darle solución a este problema. Por tal razón, el presente trabajo se realizó con el fin de analizar los efectos *Bacillus paralicheniformis* (LBEndo1) sobre el desarrollo de plántulas de nogal pecanero bajo condiciones de alta salinidad.

### Materiales y métodos

**Material vegetal.** Los experimentos se realizaron en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UJED (25° 35' 13" N y 103° 30' 04"). Para los ensayos, se usaron semillas de nogal criollo recolocadas del municipio Nazas, Durango. Las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 20%, luego fueron puestas en vernalización a 4 °C durante una semana, posteriormente se pusieron a germinar en arena estéril. Una vez germinadas las plántulas, se trasladaron a vasos con arena estéril como sustrato.



El experimento se llevó a cabo en una cámara bioclimática bajo condiciones controladas de temperatura (25 °C) y fotoperiodo (16 hr luz y 8 hr oscuridad).

**Diseño experimental.** Para el ensayo, se realizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial de 2×2 con tres repeticiones, cada repetición estuvo constituido por cinco plantas o unidades experimentales. El primer factor variable fue la PGPR LBEndo1 (presencia y ausencia), el segundo factor fue la concentración de NaCl (0 y 50 mM). Los riegos se hicieron cada tercer día, aplicando 80 ml de la solución salina o sin sales (testigo) durante un periodo de 60 días. Las claves de los cuatro tratamientos se designaron de la siguiente manera: Plántulas sin bacteria ni sal= Control S/S, plántulas con bacteria sin sal= LBEndo1 S/S, plántulas sin bacteria con sal= Control C/S y plántulas con bacteria con sal LBEndo1 C/S.

**Determinación de la halotolerancia de la rizobacteria LBEndo1.** Los experimentos para determinar la tolerancia de la rizobacteria LBEndo1 al estrés salino se realizaron en el medio de cultivo Luria Bertani (LB) al que se adicionaron diferentes concentraciones de NaCl (5, 10 y 15 % p/v). La rizobacteria fue estriada en el medio sólido y se incubó a 30 °C. A los tres días se observó el desarrollo para ver si hubo crecimiento de las colonias.

**Inoculación bacteriana.** Para este análisis, la rizobacteria se creció en 100 ml de medio líquido LB durante 24 horas. Posteriormente, se ajustó la concentración bacteriana a  $1 \times 10^8$  UFC/ml. Posteriormente, se realizó una inoculación en las plántulas de una semana de edad, el ajuste se hizo mediante un conteo celular en cámara de Neubauer.

**Bioestimulación de *C. illinoensis* por la rizobacteria LBEndo1.** Al finalizar el experimento, mediante una balanza analítica, se estimó el peso seco de las hojas, tallo y raíz, así como el diámetro del tallo con un vernier y se utilizó una cinta métrica para determinar la altura de la planta.

**Análisis estadístico.** Los distintos parámetros de desarrollo de las plántulas se analizaron en un diseño experimental completamente al azar, se realizó un análisis estadístico de ANOVA seguido de una prueba post hoc de Tukey, con valor de  $P \leq 0.05$ . Estos análisis se hicieron utilizando el software GraphPad Prism 7.

## Resultados y Discusión

**Resistencia a la salinidad de la rizobacteria LBEndo1.** Un aspecto importante de las PGPR para disminuir el estrés salino en las plantas es que tengan la capacidad de tolerar concentraciones altas de salinidad (Bhattacharyya & Jha, 2012).



Después de tres días de crecimiento de la bacteria en medio LB enriquecido con NaCl (5, 10 y 15%), se logró determinar que la capacidad máxima de sal tolerada por parte de la bacteria fue de 15% p/v, lo cual indica que es tolerante a la salinidad y se puede usar como rizobacteria promotora en suelos salinos, de igual forma que Jha et al., (2011) que realizaron aislamientos bacterianos del género *Halomonas*, capaces de resistir hasta 20 % de concentración salina, además de tener función de promoción de crecimiento vegetal.

**Promoción de crecimiento en plántulas de *Carya illinoensis* en interacción microorganismo-planta.** Después de 60 días del sistema de interacción microorganismo-planta-salinidad, se observó una diferencia significativa entre las plántulas inoculadas con la rizobacteria y el tratamiento sin inocular. En el sistema de interacción sin estrés salino, los datos muestran un incremento en el peso de las hojas de las plantas con el tratamiento bacteriano, teniendo un incremento promedio del 81.56% más que el control, el peso del tallo y la raíz fueron superiores al control con una media del 58.91% y 59.36% respectivamente (Figura 1). Los tratamientos con estrés salino muestran que hubo un incremento de la raíz en las plantas con inoculación de PGPR, obteniendo un 112.92% mayor peso que las plantas control, 163.35% para el caso de las hojas y el peso del tallo en un 98.75% (Figura 2). Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Azarmi et al., (2016) en donde comprobaron que con la inoculación de plantas de *Pistacia vera* con *Pseudomonas fluorescens* se logra disminuir el estrés salino en la planta, disminuyendo la cantidad de Na<sup>+</sup> tanto en la raíz como en las hojas

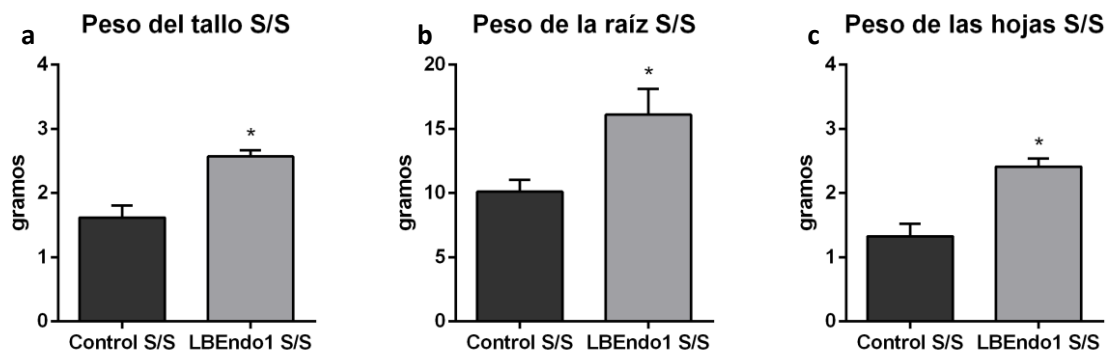


Figura 1. Efecto de la inoculación de LBEndo1 en el peso de *C. illinoensis* de 60 días de edad (50 mM de NaCl). a Peso del tallo, b peso de la raíz, c peso de las hojas. Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar (n=15). Los asteriscos indican diferencia significativa después del análisis de ANOVA ( $P < 0,05$ )

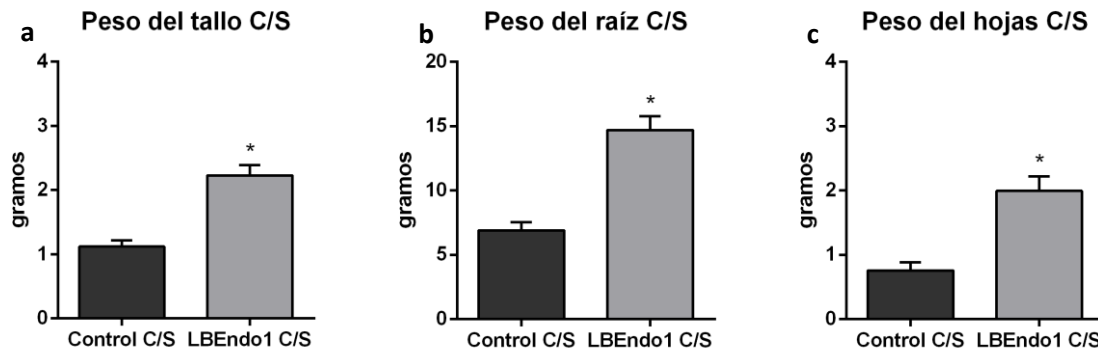


Figura 2. Efecto de la inoculación de LBEndo1 en el peso de *C. illinoensis* de 60 días de edad (50 mM de NaCl). a) Peso del tallo, b) peso de la raíz, c) peso de las hojas. Los valores representan la media  $\pm$  desviación estándar (n=15). Los asteriscos indican diferencia significativa después del análisis de ANOVA ( $P < 0,05$ )

## Conclusiones

Debido a los datos obtenidos en los experimentos, se puede concluir que la rizobacteria LBEndo1 identificada como *Bacillus paralicheniformis*, cuenta con la capacidad de tolerar una concentración salina en el medio de hasta 15% de NaCl, dicha tolerancia la hace una rizobacteria halotolerante. Los parámetros morfométricos medidos en las plantas inoculadas con la PGPR sin el estrés salino muestran que la bacteria influye en el desarrollo e las plántulas de *Carya illinoensis*, propiciando una mayor producción de biomasa, reflejado en un mayor peso de la raíz, tallo y hojas. Estos mismos parámetros medidos en las plantas en condiciones de estrés por salinidad, muestran que la bacteria sigue promoviendo el crecimiento vegetal a pesar de las altas concentraciones salinas. Por las razones previamente mencionadas, se infiere que el uso de la rizobacteria LBEndo1 puede ser una opción para aminorar los efectos negativos en las plantas de nogal pecanero a causa de la salinidad, mejorando su desarrollo y a largo plazo su producción.

## Referencias

- Azarmi, F., Mozafari, V., Abbaszadeh Dahaji, P., & Hamidpour, M. (2016). Biochemical, physiological and antioxidant enzymatic activity responses of pistachio seedlings treated with plant growth promoting rhizobacteria and Zn to salinity stress. *Acta physiologiae plantarum*, 38(1), 1-16.
- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327-1350.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical reviews in plant sciences*, 22(2), 107-149.
- Glick, B. R., Cheng, Z., Czarny, J., & Duan, J. (2007). Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. *New perspectives and approaches in plant growth-promoting Rhizobacteria research*, 329-339.



- INC – International Nut and Dried Fruit Council. (2019). Global statistical review: Crop forecast report. *Nutfruit*, 77, 65–78.
- Jha, B., Gontia, I., Hartmann, A. (2012). The roots of the halophyte *Salicornia brachiata* are a source of new halotolerant diazotrophic bacteria with plant growth-promoting potential. *Plant Soil*, 356(1):265-277.
- Miyamoto, S., & Nesbitt, M. (2011). Effectiveness of soil salinity management practices in basin-irrigated pecan orchards. *HortTechnology*, 21(5), 569-576.
- Moreno-Izaguirre, E., Ojeda-Barrios, D., Avila-Quezada, G., Guerrero-Prieto, V., Parra-Quezada, R., & Ruiz-Anchondo, T. (2015). Sodium sulfate exposure slows growth of native pecan seedlings. *Phyton*, 84(1), 80.
- Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Naveed, M., & Ashraf, M. (2010). Microbial ACC-deaminase: prospects and applications for inducing salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29(6), 360-393.
- Oliveira de Oliveira, L., Carlos Beise, D., Damian Dos Santos, D., Caroline Nagel, J., Poletto, T., Poletto, I., & Stefenon, V. M. (2021). Molecular markers in *Carya illinoensis* (Juglandaceae): from genetic characterization to molecular breeding. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(5), 560-569.



## EVALUACIÓN DE CARBONO EN SUELOS IRRIGADOS CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA UNIDAD DE RIEGO METROPOLITANO, CHIHUAHUA, MÉXICO

Marco Antonio Tello-Montoya<sup>1\*</sup>, Omar Castor Ponce-García<sup>2</sup>, Juan Luis Jacobo-Cuellar<sup>1</sup>, Alan Alvarez-Holguín<sup>2</sup>, Cristo Omar Puente-Valenzuela<sup>2</sup>, Esteban Sánchez Chavez<sup>3</sup>, Jesús Manuel Ochoa-Rivero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). <sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Chihuahua. \*Autor para correspondencia: markotello@live.com

### Introducción

El agua es un elemento fundamental para la vida, se encuentra presente en todas las actividades que se realizan y no se conoce alguna otra sustancia que pueda sustituirla. En la actualidad, la demanda de agua en las zonas agrícolas se ha incrementado; debido a la escasez de lluvias y sequía extrema ocasionadas por el cambio climático, no obstante, es importante reconocer que el uso del agua para fines agrícolas es un tema fundamental de los recursos hídricos y de seguridad alimentaria (Winpenny et al., 2013; Álvarez-Holguín et al., 2022). En promedio, la agricultura utiliza el 70% del total de agua extraída en todo el mundo y las actividades agrícolas tales como los riegos representan un uso aun mayor esto debido a la evapotranspiración de los cultivos (Gonzales et al., 2020). Ante la escasez de los recursos hídricos la reutilización de aguas residuales tratadas (ART) se convierte en una fuente alternativa para cubrir la insuficiencia hídrica en la agricultura. La reutilización de aguas residuales sigue siendo una asignatura pendiente del uso de la planificación de agua en nuestra zona. Es por eso que una aplicación de riego de ART resulta efectiva siempre y cuando se tenga un adecuado lavado y drenaje de la misma esto para evitar acumulaciones excesivas y mantener una eficiencia en la calidad de agua (García, 2012). Sin embargo, el uso de aguas residuales tratadas (ART) en la agricultura puede aumentar la acumulación de la materia orgánica (MO), así como también nutrientes a suelos cultivados lo cual puede aumentar la fertilidad del mismo; pero también puede traer efectos nocivos para la evaluación de la calidad del suelo (Raber et al., 1995). Por lo tanto, el riego de ART mediante varios años puede influenciar en características químicas y de fertilidad del suelo (Soler et al., 2002). Para ello es necesario evaluar las características del suelo, así como también su efecto sobre las propiedades químicas, con el fin de asegurar que su uso no solamente aumenta la fertilidad y cantidad de MO en el suelo, sino que también se mantiene una calidad óptima del recurso afianzando que no se ocasionen problemas ambientales (Zamora et al., 2008). Para el mapeo de las características químicas y su efecto con el uso de aguas tratadas hemos implementado el uso de sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar un análisis espacial de diferentes tipos de variables. En el campo agrícola el uso de esta herramienta nos permite evaluar y analizar la variabilidad de características sobre el suelo (Clay et al., 2007). Entre los métodos utilizados para llevar a cabo la interpolación de variables se encuentra Kriging, el cual es un método de cuantificación para la estructura espacial de datos y autocorrelación mediante variogramas para realizar predicciones correspondientes a valores aproximados a partir del punto de muestra (Trangmar et al., 1985).



Por tanto, el objetivo fue evaluar el contenido de carbono en suelos irrigados con ART en la Unidad de Riego Colectivo con Aguas Residuales Tratadas en Chihuahua, México. Un segundo objetivo fue modelar la distribución espacial del carbono en la zona bajo estudio. Los resultados servirán de línea base para la cuantificación de carbono y materia orgánica en zonas irrigadas con ART en el norte de México.

## **Materiales y métodos**

**Área de estudio.** El área de estudio fue la Unidad de Riego Metropolitano de Aguas Residuales Tratadas en Chihuahua, México. La superficie de estudio abarca 3,000 ha aproximadamente entre los municipios de Aldama y Chihuahua.

**Muestreo.** La toma de muestras de suelo se realizó de acuerdo a una digitalización de las parcelas agrícolas irrigadas con ART posteriormente se realizó una sectorización de tres zonas de significancia a lo largo de la zona de estudio; dentro de estas zonas se llevó a cabo la toma de muestras de suelo a profundidad superficial (0 – 20 cm) en 60 sitios, lo cual nos da un total de 180 muestras aleatorias.

**Variables y análisis edafológicos.** Para el perfil de suelo se han determinado estudios morfológicos de la clase textural, según el método de hidrómetro de Bouyoucos (1962), este principalmente mide el contenido de arcilla, limo y arena. La determinación de tipo de textura y sus porcentajes se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), en donde se pesaron 50 g de suelo seco de cada muestra, a cada una se le agrega una solución de 10 mL de dispersante, dejando reposar por dos minutos una vez reposado se agitaron durante 2 horas. Posteriormente el suelo suspendido fue puesto en una probeta de 100 mL, con agua destilada a un nivel de agua que fue llegado hasta la parte inferior del cilindro pero a su vez con el hidrómetro dentro, este cilindro se agito y se sumergió el hidrómetro a los 40 segundos para tomar la lectura del hidrómetro y la temperatura del agua, se dejó reposar y al paso de dos horas se volvieron a tomar las lecturas para aplicar la fórmula de corrección de cada lectura y así obtener el contenido de porcentaje real mediante la ecuación sugerida (Chávez, 2015). Una vez obtenidos los porcentajes de las partículas de arcillas, limos y arenas, se determinó el tipo de textura que presenta el suelo en base a los porcentajes obtenidos en el diagrama de texturas propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (por sus siglas en ingles USDA). Para la determinación del contenido de carbono las muestras se analizaron mediante los análisis convencionales a partir de la fracción tamizada de suelo en el Laboratorio del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). Para la obtención de estos valores de carbono se obtuvieron por medio del método Dumas en el Analizador Elemental Total Flash 2000. Se pesaron de 20 a 50 mg de suelo en balanza analítica, con previa tamizada a 150  $\mu\text{m}$ . Estas muestras fueron calcinadas a temperatura de 950 °C mediante el equipo Thermo Scientific Flash 2000 utilizando oxígeno como agente oxidante (Chemists, Association of Official Agricultural, 2005).



**Análisis geoestadísticos.** El tipo de textura y contenido de carbono fueron sometidos a un análisis geoestadístico para la elaboración de interpolaciones mediante el método Kriging ordinario a través del software de SIG ArcMap 10.5 con la extensión Geostatistical Analysis con previa exploración en semivariogramas e histogramas, aplicando un ajuste logarítmico para organizar los datos a una distribución normal y ajustando a errores de predicción adecuados para las dos variables analizadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de error de predicción obtenidos.

Variable	Error medio
Textura	0.03
Carbono	0.02

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos demostraron que a lo largo del área de estudio se presentaron condiciones de variabilidad de suelo en cuanto a las características de textura, mismas que se ven marcadas de acuerdo a el uso de suelo que se aplica en esta área, estos aspectos permiten definir zonas con características diferentes entre sí, las cuales permiten realizar investigaciones de este tipo con variables de fertilidad (Henríquez et al., 2005).

Los mapas generados a partir del análisis de interpolación Kriging en las variables de textura muestran la variabilidad de las mismas a lo largo del área de estudio obteniendo una mayor variabilidad de texturas a profundidad de 0 a 20 cm (Figura 1) lo cual con cuerda con lo mencionado por la FAO en el libro Guía Para La Descripción De Suelos, en donde se comenta que en la parte superficial siendo el Horizonte A, es donde se encuentra una mayor diversidad de texturas principalmente por la cantidad de MO y actividades que se realizan sobre ella.



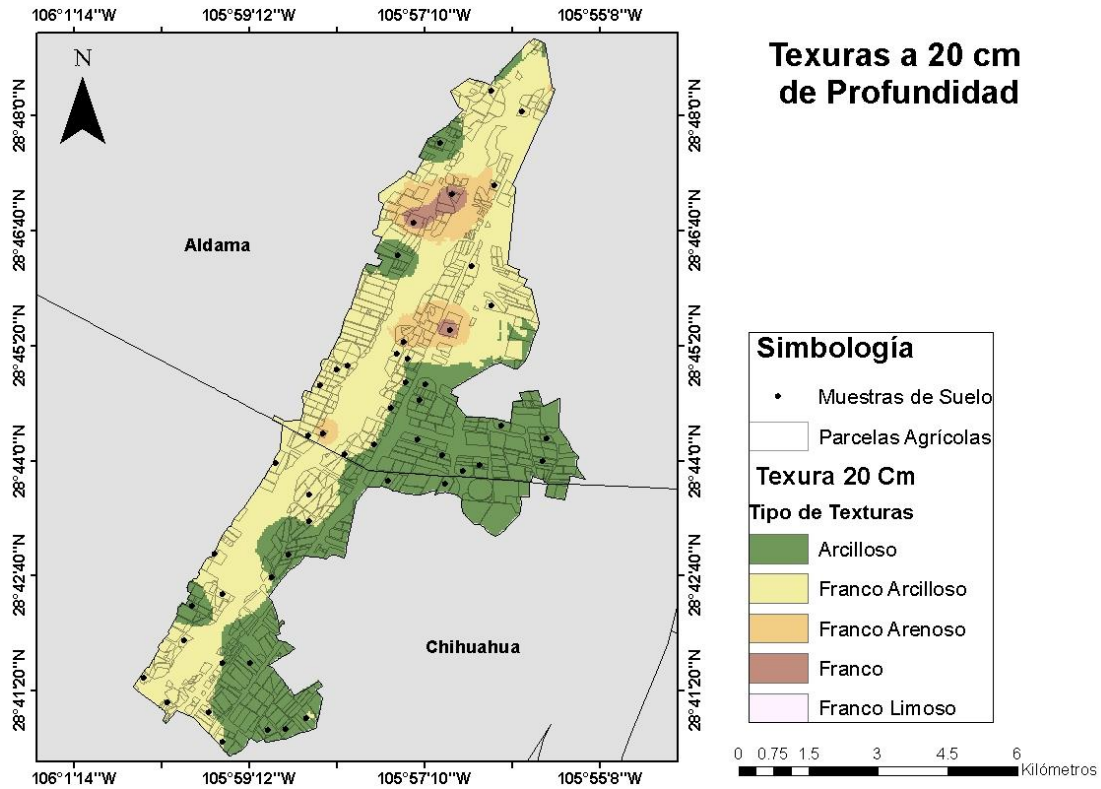


Figura 1. Cambios de textura de suelo a profundidad de 0 – 20 cm.

La distribución de texturas demuestra que los suelos predominantes en profundidades superficiales (0-20 cm) en el caso particular del área de estudio, fueron suelos de textura francos arcillosos a suelos arcillosos.

Los resultados del contenido de carbono en las parcelas irrigadas con ART se presentan en la Figura 2. Es importante mencionar que al inicio de la zona de estudio se observó una mayor concentración de carbono y se reduce conforme se avanza hacia el noreste. Estos resultados se deben a que en la zona inicial se irriga con ART, lo que incrementa el contenido de carbono orgánico (Adrover et al., 2007). Aunado a lo anterior, la textura en esta zona va de franco arcilloso arcilloso, factor importante para la retención de carbono en el suelo. Matus y Maire (2000) indicaron que no existe alguna relación entre la superficie específica de las partículas de arcilla y limo en los contenidos de carbono, sin embargo, este contenido aumentó a medida que los porcentajes de arcilla fueron mayores en los suelos. De acuerdo con lo mencionado por Besoain et al., (1984) quienes midieron la mineralogía de las arcillas y encontraron que arcillas de tipo 2:1 dominan sobre el tipo 1:1 cuando los porcentajes de arcillas aumentan en los suelos.

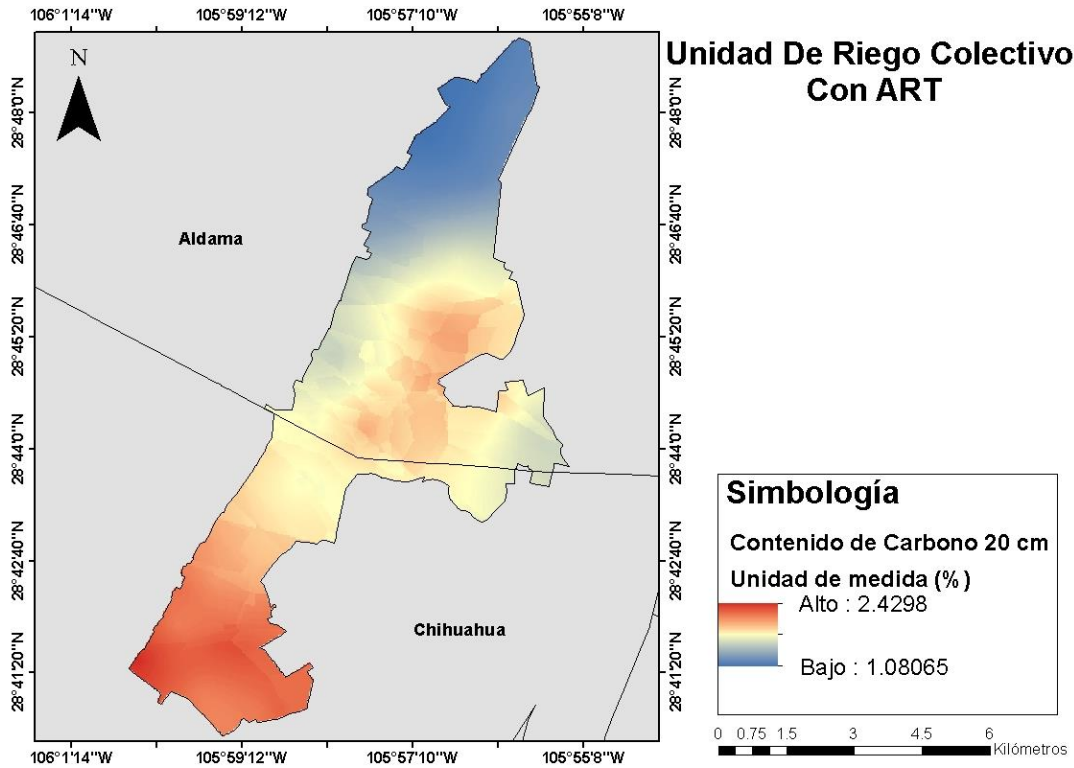


Figura 2. Distribución espacial de Carbono en suelos a profundidad de 0 – 20 cm.

## Conclusiones

Se concluye que la irrigación con ART incrementa el contenido de carbono en la superficie del suelo y puede presentar ventajas para la retención y posterior liberación de nutrientes. Asimismo, se observó que los suelos arcillosos presentan una mayor retención del carbono con referencia a los suelos arenosos.

## Agradecimientos

Se agradece al Gobierno del Municipio de Chihuahua y al Consejo Estatal Agropecuario (CEACH) por el financiamiento del estudio denominado “Análisis costo-beneficio de un Distrito de Riego Metropolitano (DRM) con aguas residuales tratadas (ART) de la ciudad de Chihuahua”, No. SIGI 13351336341.

## Referencias

- Adrover, M., Moyà, G., & Vadell, J. (2007). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la actividad biológica de tres suelos. *Tendencias Actuales de la Ciencia del Suelo*, 546-553.
- Alvarez-Holguin, A., Sosa-Perez, G., Ponce-Garcia, O. C., Lara-Macias, C. R., Villarreal-Guerrero, F., Monzon-Burgos, C. G., & Ochoa-Rivero, J. M. (2022). The Impact of Treated Wastewater Irrigation on the Metabolism of Barley Grown in Arid and Semi-Arid Regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2345.



- Chemists, Association of Official Agricultural. (2005). Official Methods of Analysis. En A. International, Dumas method (990.03) (pág. 771). Washington: 15th edition.
- García, A. (2012). Criterios modernos para la evaluación de la calidad del agua para riego.
- Henríquez, C., Killorn, R., Bertsch, F., & Sancho, F. (julio-diciembre de 2005). La geostatística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo mediante el uso del interpolador Kriging. *Agronomía Costarricense* (2), 73-81.
- Matus, F. J., & Maire G, C. R. (2000). Interacción entre la materia orgánica del suelo, la textura del suelo y las tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica* (60), 112-126. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072000000200003>
- Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. (2009). *Guía Para La Descripción De Suelos*. Roma.
- González, L. C., Manzano, J. S. T., & Tabaco, B. H. (2020). Caracterización del agua de riego en 90 fincas propuestas para 18 modelos agroecológicos en Norte de Santander, Colombia. *INGE CUC*, 16(2).
- Winpenney, J., Heinz, I., & Koo-Oshima, S. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?
- García, A. (2012). Criterios modernos para la evaluación de la calidad del agua para riego.
- Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, D., & Yendis, H. (2008). Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, estado Falcón. *Bioagro*, 193-199.
- Trangmar, B. B., Post, R. S., & Uehara, G. (1985). Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, 45-94.
- Raber, B., & Kogel Kanaber, I. (1995). Desorption of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Soil in the Presence of Dissolved Organic Matter: Effect of Solution Composition and Aging. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges.*, 421-424.
- Soler, R., Brunetti, P., & Senesi, N. (2002). Comparative chemical and spectroscopic characterization of humic acids from sewage sludges and sludge-amended soils. *Soil Science*, 235-245.
- Clay, D. E., Kitchen, N., Carlson, C. G., & Kleinjan, J. (2007). Using historical management to reduce soil sampling errors. *GIS Application in Agriculture*, 49-64.



## MODELACIÓN HIDROLÓGICA PARA DETERMINAR ÁREAS SUSCEPTIBLES DE IMPACTO FÍSICO EN LA CUENCA DEL RÍO CHARTE CASANARE, COLOMBIA.

Nasly Parra-Rodriguez<sup>1</sup>, Ignacio Sánchez-Cohen<sup>2\*</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>, Eduardo Castillo-Castañeda<sup>3</sup>, Ildefonso Narváez-Ortiz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Km 40 Carr. Gómez Palacio Chihuahua, Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmosfera (CENID RASPA), Km 6.5 margen derecho, Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), Cerro Blanco N° 141 Colinas del Cimatario, Querétaro, Querétaro. <sup>4</sup>Universidad Internacional del Trópico Americano Unitrópico, Carrera 19 N°39-40, Yopal, Casanare. \*Autor de correspondencia: sanchez.ignacio@inifap.gob.mx

### Introducción

En Colombia existe una política nacional de cambio climático (PNCC) encargada de promover acciones para mitigar los riesgos de la degradación ambiental (Minambiente, 2021). Sin embargo, no es suficiente ya que sigue existiendo presión sobre los recursos ambientales por razones antropogénicas. Estas actividades se realizan en función de la ganancia económica y no de la capacidad sostenible del entorno (Villar-Argaiz, 2014). Según el POMCA (2005), en el área de la cuenca del río Charte predominan actividades de ganadería y agricultura donde se encuentran cultivos de subsistencia y otros como la palma africana y el arroz, estas dos grandes actividades ocupan el 76.32% del área total de la cuenca. Además, se presentan extracciones de material de río, que según reportes de la Agencia Nacional Minera mantienen un área total de 1.697 ha que comprenden áreas dentro del cauce y en las vegas de inundación (ANNA, 2020). El objetivo de este estudio, fue calibrar y aplicar el modelo hidrológico SWAT y la herramienta Swat Output Viewer para estimar los escurrimientos superficiales y arrastre de sedimentos que permita proponer estrategias y toma de decisiones que mitiguen el impacto ambiental en la Cuenca del Río Charte Casanare, Colombia.

### Materiales y métodos

La cuenca del río Charte tiene un área total de 100.319 hectáreas, se encuentra ubicada entre la coordenada superior 5°26'54.36"N 72°38'35.06"W y la coordenada inferior 4°43'18.26"N 72°10'48.16"W. Tiene su origen en el departamento de Boyacá, sobre la cordillera Oriental, ocupa área de los municipios de Pajarito y Labranzagrande con el 10% del área total de la cuenca. La cuenca media y baja se mantiene en el departamento de Casanare, exactamente sobre los municipios de Yopal, Aguazul y Maní que ocupan el 90% del área total de la cuenca. Para la ejecución del modelo Swat fue necesario el manejo cartográfico de insumos como un modelo de elevación digital, con una resolución de pixel de 30 m, con el que se identificó una altitud máxima de 3,245 msnm y una altitud mínima 147 msnm.

En el caso de las características hidrológicas se consideró que el Charte se ubica en el área hidrográfica de la Orinoquia (3), en la zona hidrográfica del Meta (35), sobre la subzona hidrográfica del río Cusiana (3519) (IDEAM, 2013), y tiene una extensión total de 163 km desde



su nacimiento hasta su desembocadura en el río Cusiana. La caracterización climática para la zona de estudio se definió un régimen de lluvias monomodal, con las mayores precipitaciones para los meses de mayo a septiembre; se tuvieron en cuenta datos de temperatura y precipitación desde el año 1989 al 2019, para un conglomerado total de 30 años.

Adicionalmente, se recolectó información cartográfica que describe los tipos de suelos identificados en el estudio de la FAO/UNESCO a una escala 1:5000000. Esta información se reclasificó siguiendo la base de suelo global de la FAO. También se tomaron en cuenta los datos que describen la cobertura vegetal, clasificada bajo la metodología Corin Land Cover adaptada a Colombia (IDEAM, 2010). Esta información se modificó para mantenerse bajo la nomenclatura que contempla el modelo.

Para determinar si el modelo mantiene una relación con los datos estimados se consideró la base de datos del período 1989-2019, se definió un periodo de calibración que comprende del 2009-2013 y para el periodo de validación durante 2014-2019. Estos periodos fueron evaluados con tres métodos estadísticos aplicados a la hidrología: Método  $R^2$ , Método Person y Nash-Suttcliffe.

## Resultados y discusión

Una vez considerada toda la información cartográfica y climática dentro del modelo SWAT, se procedió a relacionar el comportamiento de la variable de escurrimiento simulado y el observado, se modificaron los valores de la curva numérica (CN) y la conductividad hidráulica, encontrando que para la zona de pastizales la (CN) que se encontraba en 79 se modificó hasta un 90, mientras que la zona de bosques la CN inicial fue 73 y disminuyó hasta un 60. Adicionalmente se consideró una modificación en el parámetro de conductividad hidráulica, teniendo en cuenta los datos de la matriz interna de Swat. Este parámetro relaciona características como la textura, la densidad aparente, el factor de erosionabilidad. Los parámetros que se alcanzaron una vez concluido el proceso de calibración y validación se describen en el cuadro 1, donde se puede observar valores aceptables de ajuste al modelo, principalmente en coeficiente  $R^2$  y correlación de Pearson.

Cuadro 1. Parámetros estadísticos obtenidos durante el periodo de calibración y validación.

Periodo evaluación	$R^2$	Pearson	Nash-Suttcliffe
Calibración	0.78	0.89	0.64
Validación	0.56	0.75	0.45

Adicionalmente, se identifica que un gran número de valores observados se encuentran por encima de las estimaciones simuladas (Figura 1), característica única y distintiva de las cuencas ubicadas en zonas tropicales y húmedas.

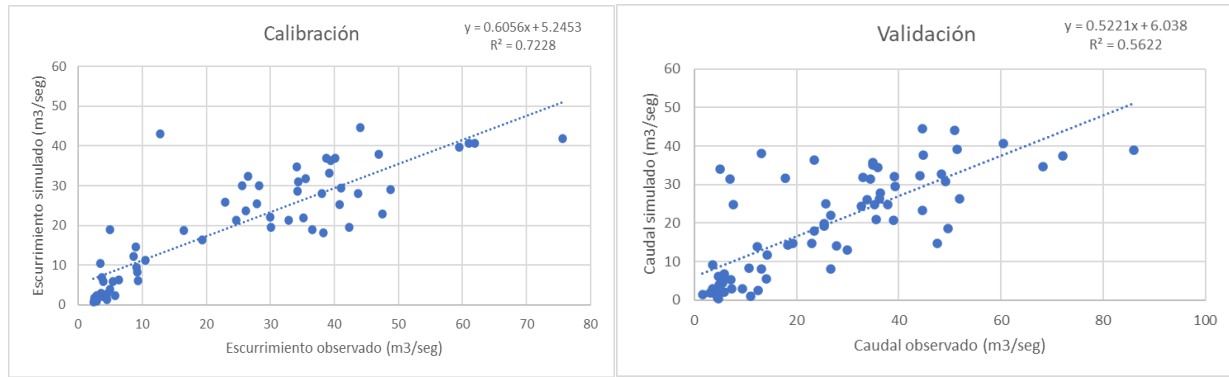


Figura 1. Coeficiente de determinación en el periodo de calibración y validación.

La información de la Figura 2, se comparó con el mapa de uso de suelo y se identificó que las zonas en las que se presenta una cobertura de tipo boscosa, mantienen menos volúmenes de escurrimiento a diferencia de las zonas en las que se mantiene con cobertura de pastizal. De esta manera se logró estimar que los valores promedios mensuales de escurrimiento, inician desde los 22 mm y corresponden a las zonas en las que la cobertura predominante es el bosque y se extiende sobre la cuenca alta; los siguientes promedios estimados se mantienen en rangos de 67 mm a 198 mm, se extienden entre la cuenca alta y media.

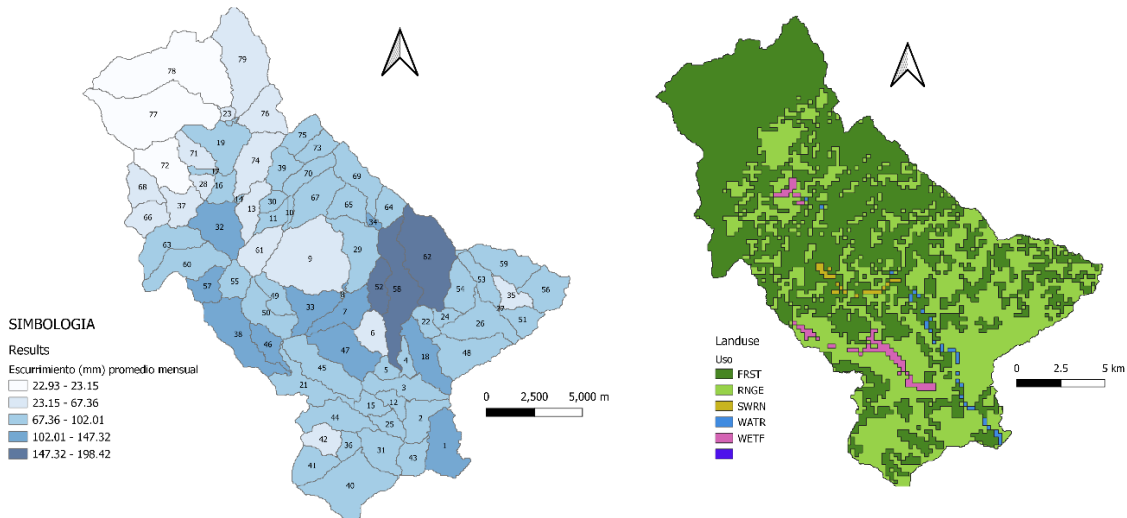


Figura 2. Representación del comportamiento del escurrimiento por cada subcuenca.



Un proceso de comparación similar se tuvo en cuenta para el análisis del parámetro de sedimentación. Se consideraron valores de sedimentación que van desde las 0 t ha<sup>-1</sup> hasta las 44 t ha<sup>-1</sup> identificados con la tonalidad verde; estos valores se mantienen sobre la cuenca alta y cuenca media. También existen rangos de sedimentación mayores que comprenden desde los 72 a 183 t ha<sup>-1</sup>, las cuales son las zonas que tienen los mayores aportes de sedimentos a la cuenca y se distribuyen de manera dispersa. Sin embargo, se observa que tienen una concentración en las zonas cercanas o próximas al punto de aforo (Figura 3).

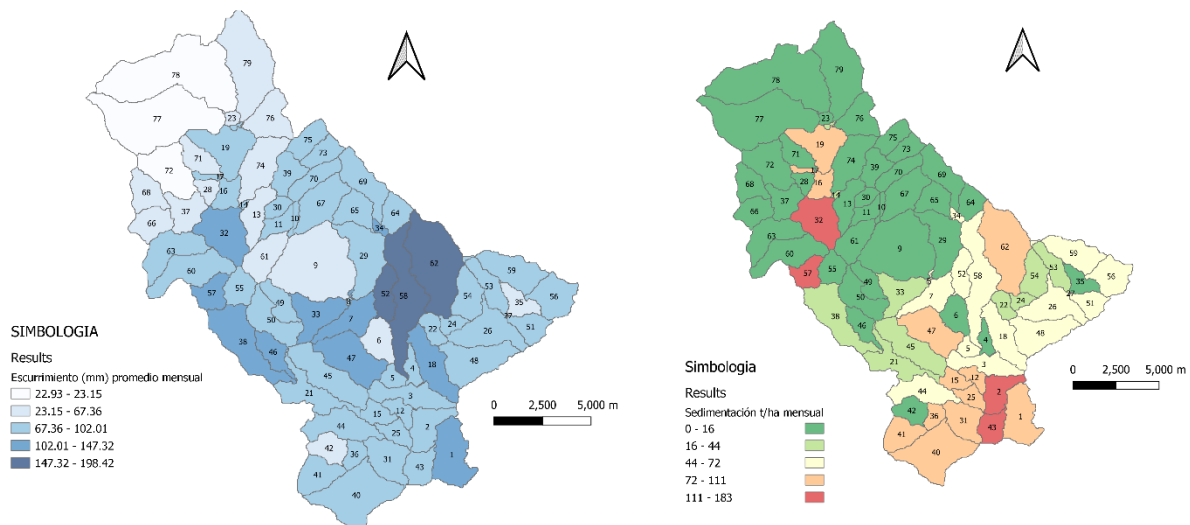


Figura 3. Representación del comportamiento de arrastre de sedimentos en cada subcuenca.

## Conclusiones

El modelo es representativo para identificar las condiciones climáticas e hidrológicas de la zona, según los métodos estadísticos usados ya que alcanzaron buenos ajustes entre los valores observados y simulados. En las subcuencas donde predomina cobertura de pastizal, tienen un mayor potencial para generar escurrimiento, mientras que las subcuencas en las que la cobertura predominante eran los bosques, el escurrimiento que se generó fue menor. Lo anterior es un apoyo para generar estrategias que permitan la adaptación y mitigación de los efectos adversos que se pueden encontrar en la cuenca de estudio, mediante alternativas que involucren el manejo del suelo y de la vegetación propia de la cuenca.



## Referencias

- ANNA. (2020). Geovisor Agencia Nacional de Minería. <https://www.anm.gov.co/?q=anna-mineria>
- IDEAM. (2010). Mapa Nacional de Coberturas de la tierra. Adaptación Corine Land Cover. República de Colombia. Escala 1:100.000. Periodo 2005 - 2009.  
<http://geoservicios.ideam.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/a0cd1183-237d-4c98-9011-7dd769febf2>
- IDEAM. (2013). Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas.  
[http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACION\\_HIDROGRAFICA.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACION_HIDROGRAFICA.pdf)
- Minambiente. (2021). Hoy Colombia está más preparada frente a la lucha contra el cambio climático.  
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/3805-hoy-colombia-esta-mas-preparada-frente-a-lucha-contr-el-cambio-climatico>
- POMCA. (2005). Plan de ordenación y manejo de la cuenca del Rio Charte.
- Villar-Argaiz, D. (2014). La minería como “locomotora” de la economía colombiana y su costo ambiental. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias: 3, 27.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v27n3/v27n3a1.pdf>





## EVALUACIÓN DE TRES INOCULANTES EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ CRIOLLO (*Zea mays*) MEDIANTE EL ANÁLISIS MOLECULAR Y BIOINFORMÁTICO DEL MICROBIOMA RIZOSFÉRICO BACTERIANO.

Isai López-López<sup>1</sup>, Manuel López-Astudillo<sup>1</sup>, Erika Mariela Morales-Martínez<sup>2</sup>, Eduardo Blanco-Contreras<sup>3</sup>, Gerardo Zapata-Sifuentes<sup>3</sup>, Alejandra Cabrera-Rodríguez<sup>3</sup>, Cristina García de la Peña<sup>4</sup>, Jesús Vásquez-Arroyo<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>Programa Académico de Ingeniero en Agroecología. Coordinación de la División de Carreras Agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Periférico Raúl López Sánchez, Colonia Valle Verde. 27054. Torreón, Coahuila. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Avenida Universidad s/n, Colonia Filadelfia, CP34010. Gómez Palacio, Dgo. <sup>3</sup>Departamento de Agroecología. División de Carreras Agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Periférico Raúl López Sánchez, Colonia Valle Verde. 27054. Torreón, Coahuila. <sup>4</sup>Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Avenida Universidad s/n, Colonia Filadelfia, CP34010. Gómez Palacio, Dgo. <sup>5</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Artículo 123 s/n, Colonia Filadelfia. CP 34010. Gómez Palacio, Dgo. \*Autor por correspondencia: [jesus.vasquez@uaaan.edu.mx](mailto:jesus.vasquez@uaaan.edu.mx); [jesus.vazquez@ujed.mx](mailto:jesus.vazquez@ujed.mx)

### Introducción

En la actualidad el interés sobre los sistemas productivos en relación al área agropecuaria se ha incrementado. Entre los principales cultivos básicos, el maíz es el cereal más cultivado en todo el mundo (FAO, 2021 citado por Barber et al., 2021), obteniendo cada año la mayor producción a nivel mundial (1,060 millones de toneladas) (Macias et al., 2022) debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado (FIRA, 2016 citado por Guamán-Guamán et al., 2020). Desde el punto de vista pecuario en 2019 los rendimientos fueron de 15,569,486 t a nivel nacional en México de maíz forrajero (SADER, 2020). El uso de bioinoculantes y abonos orgánicos es una alternativa para reducir costos del cultivo y la sustitución parcial o total de la fertilización de síntesis química. En los bioinoculantes, los microorganismos se caracterizan por tener dos funciones principales: sintetizar sustancias promotoras del crecimiento vegetal y disminuir o prevenir los efectos de deterioros de microorganismos patógenos (Reyes-Ramírez et al., 2014). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres inoculantes bacterianos, sobre el rendimiento de tres razas de maíz criollo y la caracterización molecular y bioinformática del microbioma rizosférico bacteriano asociada a maíz en el Campo Experimental de la UAAAN el Retiro, ubicado en Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza, México.



## Materiales y métodos

El experimento se ubicó en el Campo Experimental “El retiro” de la UAAAN, en el municipio de Francisco I. Madero en Coahuila. Con coordenadas 25°49’53.45” N y 103°7’4.03” O. Las parcelas experimentales fueron de tres surcos de 0.75 m de ancho por 15 m de Largo, con una distancia entre plantas de 0.15 m. La parcela útil consistió del surco central, eliminando un metro en cada extremo de las unidades emparéntales. Se utilizó un diseño experimental factorial A x B con tres repeticiones, donde el factor A representa a los tres maíces criollos, y el factor B, los tres inoculantes y un testigo; teniendo un total de 48 unidades experimentales. Se utilizaron tres bioinoculantes; uno patentado por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, contenido: *Azospirillum brasilense* Sp7, *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAI 5, *Paraburkholderia unamae* MT1-641 *Sphingomonas* sp. OF-178, *Bradyrhizobium* sp. MS22 y *Pseudomonas putida* KT2440; Inoculante Regional proporcionado por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UJED, conteniendo *Pseudomonas paralactis*, *Acinetobacter radioresistens* y *Bacillus cereus* y dos aislados nativos, obtenidos del Campo Experimental de la UAAAN, así como un testigo sin inocular.

La semilla se dejó remojo por espacio de 1 h con el inoculante y se sembró manualmente el 13 de abril de 2022. Se realizó la toma de muestras de rizósfera y planta, en la que se determinó su peso fresco y seco  $t\ ha^{-1}$  a los 51 días después de siembra, para el peso seco, las muestras se dejaron dos semanas a temperatura ambiente. Los datos fueron procesados en el Programa Estadístico Minitab Versión 18. Las muestras de rizósfera fueron colocados en tubos Zymo Research™ conteniendo 750  $\mu$ l de buffer lisante/estabilizador Xpedition™. Con la ayuda de un disruptor celular TerraLyzer™ se agitó cada tubo durante 45 segundos y se conservó a temperatura ambiente. Para la extracción, amplificación y secuenciación de DNA se ocupó la metodología señalada por García-De la Peña et al. (2019).

## Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados encontrados (Figura 1), el inoculante de la BUAP presentó los mejores rendimientos de peso seco ( $4.26\ t\ ha^{-1}$ ) con la raza criollo 1, seguido de la 3 ( $3.79\ t\ ha^{-1}$ ).

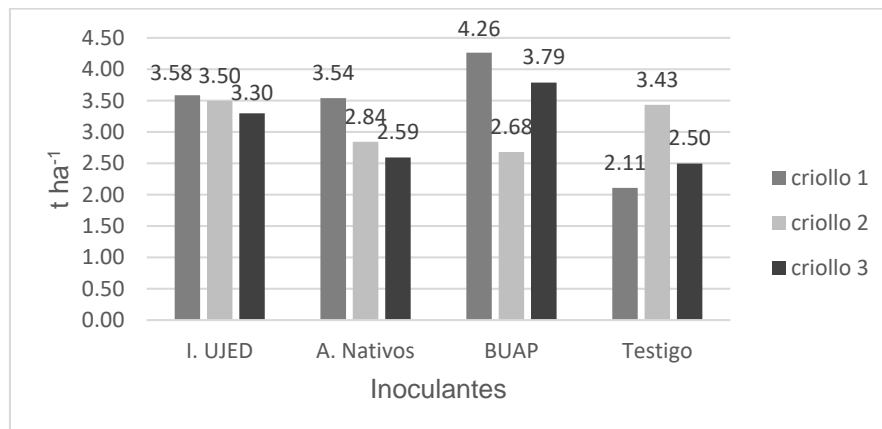


Figura 1. Rendimiento de peso seco de 48 muestras ( $mg^{-1}$ ) a los 51 días.



Se presentaron 1351 géneros, donde por abundancia relativa, predominó *Sphingomonas* con  $\bar{x}=4\%$ , *Microvirga* y *Bacillus*  $\bar{x}=3\%$ , *Geodermatophilus*, *Tepidisphaera* y *Blastococcus* con 2% (Figura 2). El género más abundante en el estudio fue *Sphingomonas* ( $\bar{x}=4\%$ ) se reporta que tiene la capacidad de degradación de metales pesados, este género forma parte de las BPCV (Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal) que intervienen en la solubilización del potasio (Etesami *et al.*, 2017), misma tendencia se presentó en el estudio realizado por Vásquez-Arroyo y colaboradores, el cual son datos no mostrados, en donde menciona que *Sphingomonas* puede degradar compuestos xenobiótico como pesticidas y herbicidas (Keum *et al.*, 2008; Manickam *et al.*, 2008), en base a esto, en los suelos suele prevalece este género y la predominancia en el estudio puede deberse a la aplicación del bioinoculante BUAP el cual contienen este género.

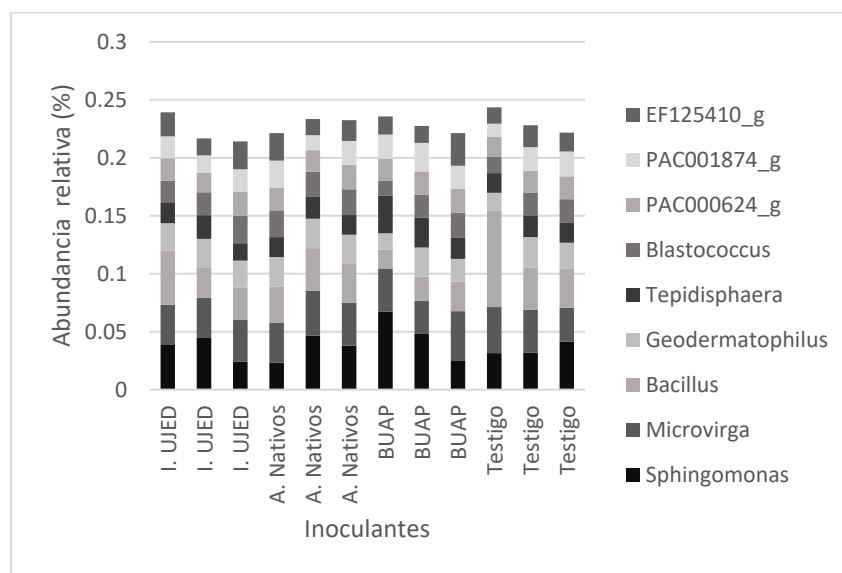


Figura 2. Abundancia relativa (%) individual y promedio de los principales géneros de las 12 muestras.

El género *Microvirga* oxida diferentes elementos y pertenece al grupo de rizobia característico de fijadores de nitrógenos y que funcionan como nodulantes en las leguminosas que con antelación se han establecido (Rocha *et al.*, 2015; Tapase *et al.*, 2017). El género *Bacillus* es uno de los más abundantes es una BPCV e interviene en el crecimiento y rendimiento del maíz para forraje (Sánchez *et al.*, 2021). El género *Geodermatophilus* y *Blastococcus* corresponden a la clase de actinobacteria, la cual cumple funciones de descomposición de materia orgánica e interviene promoviendo el ciclo de nitrógeno (Feng *et al.*, 2022). Finalmente, *Tepidisphaera* se encuentra presente en los lugares donde las temperaturas son moderadamente altas como en estado de Coahuila (Kovaleva *et al.*, 2019). La temperatura se debe considerar en el desarrollo del cultivo de maíz ya que el cambio climático va en incremento, esto conlleva a la disminución del rendimiento de grano en nuestro país (Espinosa-Tamayo *et al.*, 2019).



## Conclusiones

De acuerdo a la evaluación de los inoculantes, el BUAP impulsó el rendimiento de forraje en el criollo 1 y 3, por el incremento de *Sphingomonas* que influye en el crecimiento de las plantas, hay una gran diferencia comparado con el testigo, en el criollo 2, se deduce que el rendimiento fue por la ausencia de *Bacillus* en el inoculante BUAP. Este género está presente en los suelos de forma natural, la aplicación de inoculantes aumenta su abundancia, influyendo en el desarrollo del maíz criollo para forraje.

## Referencias

- Barber, M. E., Rava, D. S., & López-Martínez, C. (2021). L-Band SAR Co-Polarized Phase Difference Modeling for Corn Fields. *Remote Sensing*, 13(22), Art. 22. <https://doi.org/10.3390/rs13224593>
- Espinosa-Tamayo, L. C., Rincón Sánchez, F., Ruíz Torres, N. A., Martínez Reyna, J. M., Benavides Mendoza, A., Espinosa Tamayo, L. C., Rincón Sánchez, F., Ruíz Torres, N. A., Martínez Reyna, J. M., & Benavides Mendoza, A. (2019). Respuesta ambiental de poblaciones nativas de maíz del sureste de Coahuila, México. *Nova scientia*, 11(23). <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1931>
- Etesami, H., Emami, S., & Alikhani, H. A. (2017). Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects - A review. *Journal of soil science and plant nutrition*, 17(4), 897-911. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017000400005>
- Feng, H., Wang, Z., Jia, P., Gai, J., Chen, B., & Wang, S. (2022). Diversity and distribution of CO<sub>2</sub>-fixing microbial community along elevation gradients in meadow soils on the Tibetan Plateau. *Scientific Reports*, 12(1), 9621. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13183-4>
- García-De la Peña, C., Rojas-Domínguez, M., Ramírez-Bautista, A., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., Ávila-Rodríguez, V., Valenzuela-Núñez, L. M., & Meza-Herrera, C. A. (2019). Microbiota bacteriana oral de la tortuga del bolsón *Gopherus flavomarginatus* en la Reserva de la Biosfera Mapimí, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 90, 14. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2683>
- Guamán-Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., Romero Salguero, E. J., Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Keum, Y. S., Lee, Y. J., & Kim, J. H. (2008). Metabolism of Nitrodiphenyl Ether Herbicides by Dioxin-Degrading Bacterium *Sphingomonas wittichii* RW1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9146-9151. <https://doi.org/10.1021/jf801362k>
- Kovaleva, O.L., Elcheninov, A., Kublanov, I., Bonch, E. 2019. Tepidisphaera. *ResearchGate*. Recuperado en: 10.1002/9781118960608.gbm01509
- Macias, S. V., Robledo, M. T., Calderón, A. E., Esparza, J. Z., Islas, E. I. C., & Estrada, B. C. (2022). Rendimiento de grano, forraje y calidad forrajera de nuevos híbridos de maíz de Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 77-87.
- Manickam, N., Reddy, M. K., Saini, H. S., & Shanker, R. (2008). Isolation of hexachlorocyclohexane-degrading *Sphingomonas* sp. By dehalogenase assay and characterization of genes involved in gamma-HCH degradation. *Journal of Applied Microbiology*, 104(4), 952-960. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03610.x>



- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., & Zavala-León, M. J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(3), 285–294.
- Rocha, G., Santoyo, Y., Bustillos, M., Pérez, R., Munive, J.A., Muñoz, J., Muñoz, A., Contreras, J.L., Villegas, M.C., 2015. Los microorganismos del suelo y su importancia biotecnológica en la agricultura y el ambiente. *RD-ICUAP* 1, 3,4.
- SADER, 2020. Maíz forrajero, también es maíz. Consultada el 05 de octubre, 2022, desde <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-forrajero-tambien-es-maiz>
- Sánchez, T.E., Castañeda, M.D., Baez, A., Morales, Y.E.2021. Rizobacterias para el mejoramiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Una tecnología prometedora para la producción de maíces criollos. *AyTBUAP* 6, 76,80.
- Tapase, S. R., Mawlankar, R. B., Sundharam, S. S., Krishnamurthi, S., Dastager, S. G., & Kodam, K. M. (2017). *Microvirga indica* sp. Nov., an arsenite-oxidizing Alphaproteobacterium, isolated from metal industry waste soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 67(9), 3525-3531.



## ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE ZACATE BANDERITA [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]

Shaday Amairani Soto Rojas<sup>2\*</sup>, Perpetuo Álvarez Vázquez<sup>1</sup>, Miguel Mellado Bosque<sup>1</sup>, José Eduardo García Martínez<sup>1</sup>, Juan Antonio Encina Domínguez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila. México.

<sup>2</sup>Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila. México. \*Autor de correspondencia: ingesotorojas@gmail.com

### Introducción

El zacate banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., produce abundante forraje apetecido por el ganado, se adapta a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas y es resistente a la sequía. Presenta buen valor forrajero y es considerado como excelente forraje para pastoreo y fauna silvestre (Morales et al., 2016). El uso de algunos cultivos forrajeros en este caso las gramíneas de este género representan para la ganadería, una gran alternativa. Las plantas de esta especie producen abundante forraje con gran aceptación por el ganado. La etapa crítica para el establecimiento de pastos es la emergencia de plántulas, lo cual es importante para el éxito de una resiembra (Corrales et al., 2016). Se ha estimado que el rendimiento promedio de forraje bajo condiciones de temporal es de 1,850 kg MS ha<sup>-1</sup> (Beltrán et al., 2013). El objetivo principal de este experimento es evaluar el comportamiento productivo y análisis de crecimiento de la especie *Bouteloua curtipendula* (Michx.), durante las estaciones primavera - verano y otoño - invierno.

### Materiales y Métodos

El experimento se estableció el 25 de abril del 2022 en condiciones de invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Saltillo. El clima es templado, semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cinco repeticiones. Los tratamientos fueron ocho cortes y tres estratos, tomados proporcionalmente de acuerdo con la edad y altura de planta, respectivamente. Se utilizó la variedad NdeM-303 de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Las variables a evaluar fueron: Rendimiento de Materia Seca (RMS) y Composición Morfológica (CM). Se utilizó el método destructivo, las plantas se extrajeron completamente de la maceta, se realizó un lavado de raíz, y se separó la parte aérea, de la parte radicular. Se midió la altura de planta y se dividió en tres estratos, Estrato 1 (E1) parte inferior de la planta, Estrato 2 (E2) parte media de la planta y Estrato 3 (E3) parte superior de la planta. Cada estrato fue separado en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. Los componentes fueron secados en una estufa de aire forzado Modelo POM-246F SERIAL No. P6-800, por 72 h, a 55°C, a peso contante y se estimó el RMS (suma de componentes) y la aportación al rendimiento total de cada componente. Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM del SAS versión 9.4 para Windows, y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).



## Resultados y discusión

Se encontró que en RMS se obtuvo un promedio de 16 g MS planta<sup>-1</sup> para E1 seguido por el E2 con 9 gr MS planta<sup>-1</sup> y E3 con 3 gr MS planta<sup>-1</sup> (Figura 1). En estudios realizados por (Quero et al., 2018) se obtuvieron rendimientos de 2.5 g MS planta<sup>-1</sup>, en muestreos de cortes con intervalos de 20 días. El E1 tuvo mayor rendimiento desde los 50 DDS con 2.2 g MS planta<sup>-1</sup>, mientras que a los 106 y 120 DDS estadísticamente no se encuentran diferencias significativas respecto a los demás días ( $p>0.05$ ). Para el E2 se encontró que a partir de los 92 DDS su aporte significativamente ( $p>0.05$ ) y los valores obtenidos a los 106 y 120 DDS estadísticamente fueron similares ( $p>0.05$ ). Para el E3 se obtuvo un promedio de 8 g MS planta<sup>-1</sup> promedio. Comparaciones realizadas en estudios por (Sánchez et al., 2020) demostraron que el genotipo 303 presenta características forrajeras de acuerdo a resultados de RMS obtenidos, superiores a otras variedades comerciales.

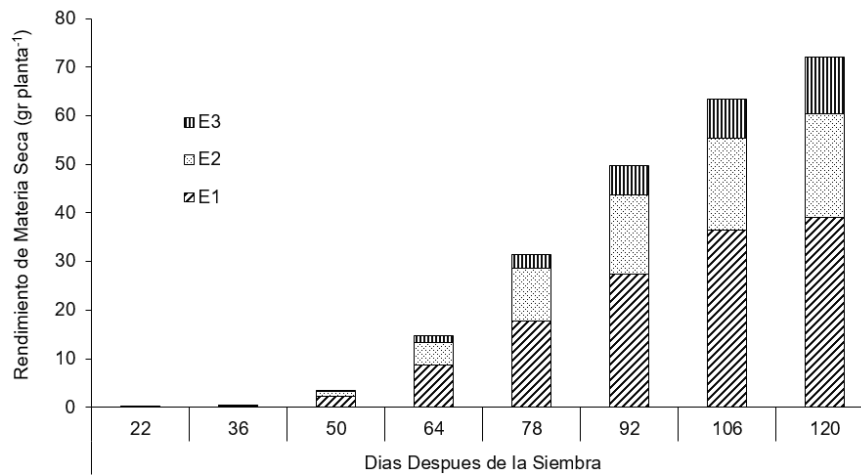


Figura 1. Rendimiento de Materia Seca (g de MS Planta<sup>-1</sup>) de Zacate Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.), cosechado a diferentes días después de la siembra (DDS) en tres estratos de la planta.

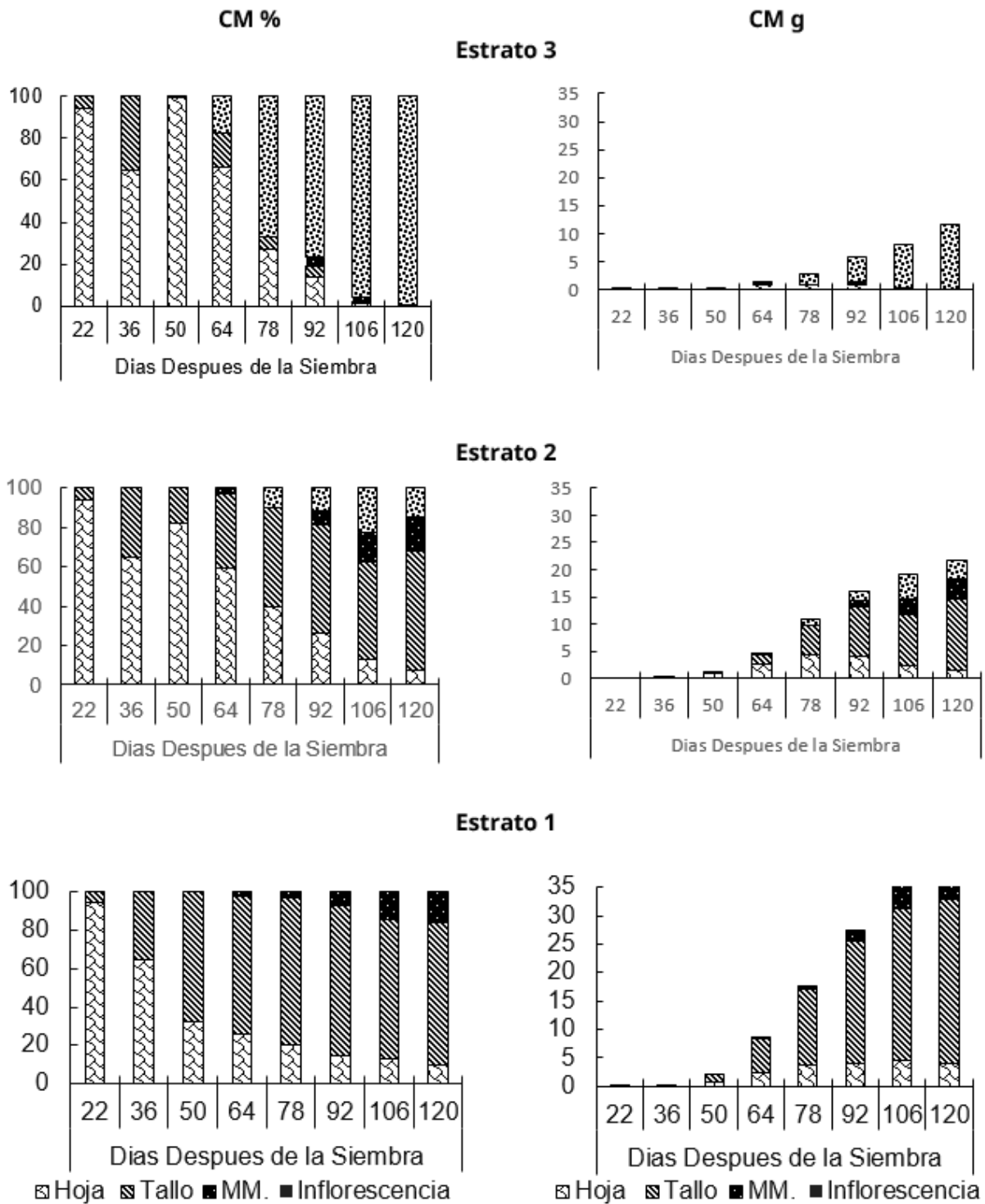


Figura 2. Composición morfológica de Zacate Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.), cosechado a diferentes días después de la siembra (DDS) en tres estratos de la planta.





Los datos obtenidos en CM muestran que en el E1 el componente hoja fue el de mayor aporte hasta los 36 DDS, desde los 46 DDS adelante fue el tallo, con un promedio total de 12 g planta<sup>-1</sup>, seguido por la hoja con 2.4 g planta<sup>-1</sup> y material muerto 0.76 g planta<sup>-1</sup>. En E2 el componente hoja fue mayor hasta los 64 DDS superado en los siguientes días por el componente tallo, aunque al día 78 DDS fue cuando obtuvo su valor máximo con 4.2 g planta<sup>-1</sup>, es el momento en que la inflorescencia comienza a aparecer en la parte superior de este estrato, lo que le resto peso a la hoja y al tallo. En el E3 fue hasta los 64 DDS donde la hoja registró el mayor aporte con 0.9 g planta<sup>-1</sup>, siendo superada por inflorescencia y tallo, en este estrato el componente con mayor aporte fue la inflorescencia con 3.2 g planta<sup>-1</sup> promedio. Este resultado se puede atribuir a que en la parte superior de la planta es donde se encuentra la mayor parte de inflorescencia, en el mismo estudio realizado por (Quero et al., 2018) se menciona que el zacate banderita siempre mostro mayor cantidad de inflorescencia.

En el porcentaje de aportación el componente tallo en E1 es el componente que más aporte hizo al total, con un promedio de 60%, seguido de la hoja y material muerto con 34 y 5 %, en E2 la hoja fue el componente con mayor valor con 48%, obteniendo el valor máximo a los 50 DDS con un 81%. A partir de los 78 DDS fue superada por el tallo. En E3 el componente hoja e inflorescencia presentaron un promedio similar 45 y 44 % respectivamente, superando ambos componentes al tallo, la hoja presento los mayores valores durante los 22, 36, 50 y 64 DDS. Por el contrario, después de 64 DDS la inflorescencia fue incrementando si valor hasta llegar al 99%. Estudios realizados por (Ramírez et al., 2018) muestra valores similares para el componente hoja a los 56 y 67 DDS.

## Conclusión

El E1 es el que mayor aporte hace al RMS desde los 50 DDS hasta 120 DDS. El componente hoja alcanza su valor máximo a los 106 DDS, pero fue superado desde los 50 DSS por el tallo. En E2 hasta los 64 DDS, fue donde la hoja supero a los demás componentes. En el E3 la inflorescencia es el componente que más aporte hace desde los 78 DDS. El E2 es el estrato con mayor aporte de Hoja, seguido del E3 Y E1.

## Referencias

- Beltrán López, S., García Díaz, C. A., Hernández Alatorre, J. A., Loredó Osti, C., Urrutia Morales, J., González Eguiarte, L. A., & Gámez Vázquez, H. G. (2013). " Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(2), 217-221.
- Corrales Lerma, R., Morales Nieto, C. R., Melgoza Castillo, A., Sierra Tristán, J. S., Ortega Gutiérrez, J. Á., & Méndez Zamora, G. (2016). Caracterización de variedades de pasto banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. recomendadas para rehabilitación de pastizales. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(2), 201-211.
- Morales Nieto, C. R., Avendaño Arrazate, C., Melgoza Castillo, A., Gil Vega, K. D. C., Quero Carrillo, A., Jurado Guerra, P., & Martínez Salvador, M. (2016). Caracterización morfológica y molecular de



poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4), 455-469.

Quero-Carrillo, A. R., Pérez-Morales, S., Munives-Castro, N. O., Vázquez-González, A., Pineda-Martínez, A., & Hernández-Guzmán. (2018). F. J. Componentes del rendimiento en siete pastos nativos y un c3 en invernadero. *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*, 627.

Ramírez Meléndez, J. E. (2018). *Análisis de crecimiento al establecimiento, en recursos genéticos de Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr* (Master's thesis).

Sánchez-Arroyo, J. F., Quero-Carrillo, A. R., Araiza-Rosales, E. E., Carrete-Carreón, F. O., Herrera-Torres, E., & Pámanes-Carrasco, G. A. (2020). Morphological structure and physiology of sideoats grama genotypes [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] in their establishment stage. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6(1).



## RESPUESTAS MORFO-FISIOLÓGICAS EN PLANTAS DE *Agave durangensis* Gentry AL AMBIENTE LUMÍNICO

Javier Uriel Rodríguez-Reyes<sup>1,2</sup>, José Leonardo García-Rodríguez<sup>2</sup>, José Ángel Sigala-Rodríguez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Av. Río Papaloapan y bulevar Durango s/n, Col. Valle del Sur, 34120 Durango, México. <sup>2</sup>Campo Experimental Valle del Guadiana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Carr. Durango-El Mezquital km 4.5, 34170 Durango, México. \*Autor de correspondencia: sigala.jose@inifap.gob.mx

### Introducción

En las zonas áridas y semiáridas de México, el agave es considerado un género clave por la cantidad de beneficios ecológicos y económicos que proporciona (García Mendoza, 2007). El agave ofrece múltiples productos como alimento, fibras y bebidas, entre las que destacan el aguamiel, pulque, bacanora, tequila y el mezcal (Eguiarte Fruns & González González, 2007). En la actualidad, existe una creciente demanda local, nacional y global por el mezcal y derivados del agave. En el estado de Durango, se prevé que dicha demanda ponga en riesgo las poblaciones naturales de las diferentes especies de agave mezcalero, particularmente el agave cenizo (*Agave durangensis* Gentry) (López Serrano et al., 2021).

Actualmente, existe interés de los productores por establecer plantaciones comerciales de agave cenizo para satisfacer la demanda de materia prima para la producción de mezcal en el mediano plazo. Por lo tanto, se requiere producir planta en vivero con características adecuadas para tal propósito. Sin embargo, aún existen vacíos de conocimiento entorno a las prácticas de cultivo en vivero que favorecen la calidad morfológica y fisiológica de las plantas. Entre varios aspectos, se desconoce cuál es el ambiente lumínico más adecuado para el crecimiento de las plantas de agave durante la etapa de vivero.

En la producción de planta de vivero, se han utilizado mallas plásticas de diferentes colores para sombreo con el objeto de mejorar el uso de la radiación solar en los cultivos (Ganelevin, 2008). Estas mallas sombra de color modifican el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, e intensifican su dispersión (luz difusa) y afectan el componente térmico (región infrarroja) (Oren Shamir et al., 2001). En este contexto, esta investigación se planteó con el objetivo de estudiar el efecto del ambiente lumínico, modificado por tipo y color de cubierta plástica, sobre diferentes características morfológicas y fisiológicas de plantas de *A. durangensis* en vivero.



## Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del vivero forestal del Campo Experimental Valle del Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Durango, en las coordenadas 24°01'N y 100°44'O, a una altitud de 1806 m. Se utilizaron semillas de *A. durangensis* que se sembraron en bandejas de poliestireno expandido con 77 cavidades (170 cm<sup>3</sup>). La mezcla de sustrato usada para el cultivo se compuso de turba de musgo (50%), perlita (25%) y vermiculita (25%). Previo al llenado con sustrato, las bandejas fueron lavadas y desinfectadas con una solución de agua y cloro comercial. Además, se impregnaron con una solución de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) para inducir la poda química de la raíz.

Dos meses después de la siembra, se hicieron seis grupos de cuatro bandejas (308 plantas), los cuales se colocaron en diferente ambiente lumínico basado en el tipo de cubierta del invernadero: 1) sin cubierta (intemperie), transmitancia al 100%, 2) cubierta de plástico (polietileno blanco lechoso de 720 μm), transmitancia al 44.0%, 3) malla color azul con transmitancia al 28.0%, 4) malla color negro con transmitancia al 26.2%, 5) malla color roja, con transmitancia al 34.7%, y 6) malla color verde con transmitancia al 24.6%. La bandeja con 77 plantas fue considerada como una repetición, por lo que se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento. Las plantas se mantuvieron creciendo en estas condiciones por 7 meses. Dependiendo de los requerimientos hídricos, se aplicaron tres riegos por semana en los meses más secos y durante invierno un riego por semana. En cada riego la fertilización se aplicó en dosis de 0.71-0.36-0.28 de N-P-K g L<sup>-1</sup> más 0.08 g L<sup>-1</sup> de agua de Micromix® (Fe, Mn, Zn, S, B, Cu, Mo). El N se aplicó como sulfato de amonio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], el P como super fosfato de calcio simple [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>], y el K como sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Al final del periodo de cultivo (marzo de 2022), se extrajeron 10 plantas por repetición al azar (40 por tratamiento). En cada planta se midió diámetro de roseta (cm), tomado en dos direcciones perpendiculares de espina a espina terminal de las hojas expandidas. Después de eliminar el sustrato y lavar cuidadosamente el sistema radical, las plantas se diseccionaron en partes (piña, hojas, raíz). Una vez diseccionadas, se midió el diámetro de piña (cm) con un calibrador digital y, en seguida, se determinó el valor de °Brix mediante un refractómetro portátil a partir de gotas de jugo extraído de la piña.

De cada planta se seleccionaron tres hojas expandidas representativas para determinar el área foliar (AF). Para esto, se elaboraron improntas de cartulina por cada hoja. Se tomaron fotografías del total de improntas por planta sobre un fondo contrastante y se determinó el área de cada impronta (cm<sup>2</sup>) utilizando el procesador de imágenes digitales ImageJ 1.49. Finalmente, todos los componentes de las plantas (hojas, piña y raíz) fueron secados en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 120 h y después se determinó el peso en seco de los diferentes componentes en una balanza analítica.



Una vez obtenido el peso seco de las hojas usadas para estimar el AF, se calculó el área foliar específica (AFE) mediante la relación AF/PS; donde, PS es el peso seco de las hojas. Asimismo, se determinó la succulencia foliar (SF) mediante el método propuesto por (Mantovani, 1999), utilizando la fórmula  $SF = (PFM - PS)/AF$ ; donde: PFM es peso fresco máximo (g), PS es el peso seco (g), y AF es el área foliar (cm<sup>2</sup>). El peso fresco máximo se determinó después de sumergir las hojas en agua destilada durante 24 h.

Para evaluar el efecto del ambiente lumínico sobre las variables respuesta, se realizaron ANOVAs de una vía. En las variables en las que el efecto fue significativo, se realizaron pruebas de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados y Discusión

El análisis de varianza mostró un efecto significativo del ambiente lumínico en todas las variables respuesta evaluadas ( $p<0.001$ , en todos los casos). No obstante, las tendencias de las respuestas al ambiente lumínico fueron distintas para cada variable. Por un lado, se encontró que las mallas de color verde y azul indujeron un mayor diámetro de roseta, mientras que las plantas cultivadas a la intemperie tuvieron el menor valor promedio (Cuadro 1). Esta tendencia también se manifestó en el área foliar específica. Las plantas cultivadas en malla negra tuvieron casi dos veces más AFE que las plantas en intemperie, lo que muestra una alta plasticidad de las plantas de *A. durangensis* al ambiente lumínico. En este sentido, la modificación del área foliar en ambientes de sombra implica un control morfogénico de las hojas para incrementar la interceptación de la luz (Puglielli, G et al., 2017). Por otro lado, las plantas cultivadas bajo malla negra tuvieron el menor diámetro de piña, aunque sin diferencias estadísticas con aquellas cultivadas en malla verde. Las plantas cultivadas a intemperie mostraron el promedio más alto de diámetro de piña, pero sin diferencias sobre las cultivadas en las mallas de color rojo y azul, así como en invernadero. Una tendencia similar se encontró en la concentración de azúcares (°Brix).

Cuadro 1. Promedios y error estándar de diferentes variables morfológicas y fisiológicas en plantas de *Agave durangensis* cultivadas bajo distinto ambiente lumínico en vivero.

Ambiente lumínico	Diámetro de roseta (cm)	Diámetro de piña (cm)	AFE (cm <sup>2</sup> /g)	SF (g/cm <sup>2</sup> )	°Brix
Intemperie	8.1±0.21 c	2.5±0.04 a	57.5±3.1 c	0.22±0.01 a	12.87±0.57 a
Invernadero	10.8±0.36 b	2.3±0.04 ab	65.6±2.7 bc	0.20±0.01 b	13.25±0.85 a
Malla azul	12.5±0.50 ab	2.5±0.05 a	69.4±2.4 b	0.19±0.01 b	11.76±0.83 ab
Malla negra	12.1±0.34 a	2.0±0.06 c	100.6±4.5 a	0.16±0.01 c	7.76±0.59 c
Malla roja	11.0±0.35 b	2.4±0.05 a	65.0±2.3 c	0.20±0.01 b	13.03±0.73 a
Malla verde	11.7±0.41 b	2.2±0.06 bc	87.9±4.3 a	0.17±0.01 c	9.66±0.66 bc

AFE: Área foliar específica, SF: Succulencia foliar. Para una misma variable, las medias con letra distinta indica diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ ).



En cuanto a los grados °Brix las plantas en malla roja, invernadero e intemperie mostraron mayor contenido de azúcares disueltos en piña, en comparación con las plantas cultivadas en malla negra, mientras que las plantas en mallas azul y verde tuvieron valores intermedios. Esta respuesta podría explicarse debido a que, en ambientes limitados de luz, las plantas disminuyen su actividad fotosintética y en consecuencia la producción de fotoasimilados (i.e. azúcares). Un alto contenido de azúcares en las plantas representa mayor cantidad de reservas que pueden ser usadas durante su establecimiento post-trasplante (Villar Salvador et al., 2015). En este sentido valores altos de grados brix se podrían correlacionar con un desempeño adecuado en campo.

También se encontraron diferencias significativas en la succulencia foliar (SF). Por un lado, las plantas en intemperie tuvieron el mayor grado de SF, comparado con las otras condiciones ambientales. Por otro lado, tanto la malla negra como la verde indujeron menor SF en las plantas. El parámetro de SF es un indicador de la capacidad de las plantas de almacenar agua por unidad de área foliar (Mantovani, 1999). En este sentido, se sugiere que plantas con mayor succulencia tendrán más capacidad de almacenar agua y, por ende, tendrán mayor tolerancia al estrés hídrico.

En ambientes limitados de luz, las plantas tienden a cambiar los patrones de asignación de biomasa hacia la parte aérea como una estrategia de aclimatación que les permite capturar más ese recurso limitado (Poorter et al., 2011). En coherencia, el presente estudio mostró que el ambiente lumínico afectó significativamente los patrones de asignación de biomasa en plantas de *A. durangensis*, particularmente las fracciones de biomasa de hojas y raíces ( $p < 0.001$ ; Figura 1). Se observó que las plantas cultivadas en mallas negra, roja y verde tendieron a asignar más biomasa a las hojas que las plantas en intemperie, invernadero y malla azul. Efecto contrario sucedió en la asignación de biomasa al sistema radical.

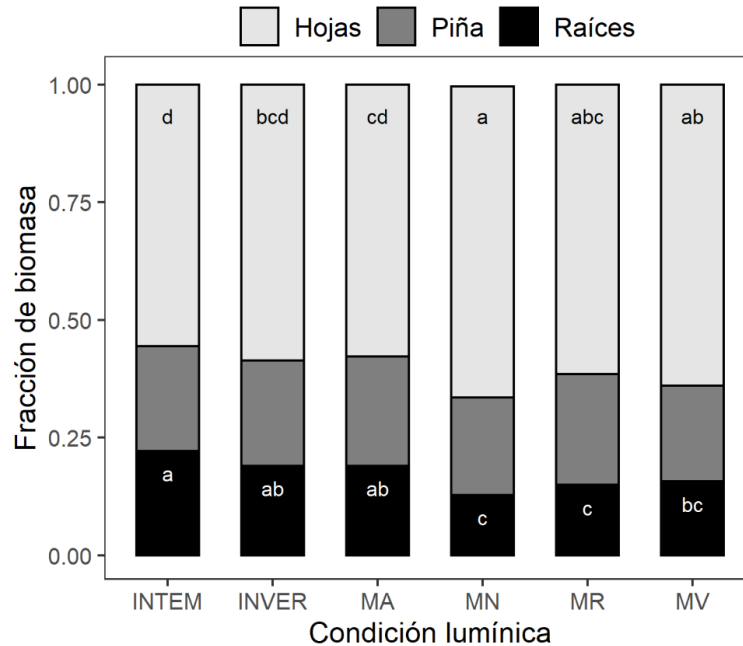


Figura 1. Fracciones de asignación de biomasa en plantas de *Agave durangensis* cultivadas bajo distinto ambiente lumínico en vivero. Para un mismo componente de biomasa, las medias con letra distinta indica diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

A pesar que la malla azul tuvo niveles de transmitancia similares a las otras mallas, la distribución de biomasa en plantas en este ambiente fue similar a aquellas en invernadero e intemperie. Estudios previos muestran que la relación rojo: rojo-cercano (R/FR) de la luz transmitida por las mallas color azul se asemejan a la luz natural (Oren-Shamir et al., 2001). La reducción de R/FR producida por las mallas puede derivar en plantas con mayor crecimiento aéreo como un síndrome de evitación a la sombra (Arthurs et al., 2013). Por lo tanto, es posible que las plantas bajo malla azul no estuvieran sometidas a valores R/FR tan bajos para inducir mayor inversión de biomasa en hojas.

## Conclusiones

La modificación lumínica por medio de malla sombras de color y cubiertas plásticas modifican la morfología y fisiología de las plantas de *Agave durangensis*, los resultados variaron de acuerdo a la calidad de luz de cada una de las mallas. La malla de color rojo dio los resultados mas altos en cuanto a diámetro de piña y numero de azucares (°Brix) similar la cubierta plástica de invernadero. La malla de color azul produjo patrones de asignación de biomasa similares a las condiciones de intemperie e invernadero. Malla negra indujo mayor respuesta de escape a la sombra en las plantas mediante el incremento de área foliar y asignación de biomasa en hojas.



## Referencias

- Arthurs, S. P. (2013). Environmental Modification Inside Photosensitive Shadehouses. Department of Entomology and Nematology, University of Florida, 48(0), 75–79.
- Eguiarte Fruns, L. E., & González Gonzalez, A. (2007). De genes y magueyes estudio y conservación de los recursos genéticos del tequila y el mezcal. México, 35.
- Ganelevin, R. (2008). World-wide commercial applications of shade nets technology (Chromatinet®). Acta Hort, 0(0), 199–203.
- García Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. CIENCIAS, 14–23.
- López Serrano, P., Hernández Ramos, A., González Méndez, J., Salvador Martínez, M., Aguirre Calderon, O., Vargas Larreta, B., & Corral Rivas, J. (2021). Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Agave durangensis* Gentry en el estado Durango. Comisión Nacional Forestal, 1, 27–29.
- Mantovani, A. (1999). A method to improve leaf succulence quantification. Brazilian Archives of Biology and Technology, 42(1), 9–14. <https://doi.org/10.1590/S1516-89131999000100002>
- Oren-Shamir, M., E. E. Gussakovsky, E. Spiegel, A. Nissim K. Ratner, R. O. (2001). Co shade nets can improve the yield and quality of green deco branches of *Pittosporum variegatum*. J. Hort, 76(0), 353–361.
- Poorter, H. (2011). Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. New Phytologist, 0(0), 20–30.
- Puglielli, G., Varone, L., Gratani, L. (2017). Specific leaf area variations drive acclimation of *Cistus salvifolius* in different light environments. Photosynthetica, 55(31–40).
- Villar-Salvador, P., Uscola, M., & J. (2015). The role of stored carbohydrates and nitrogen in the growth and stress tolerance of planted forest trees. New Forests, 46(0), 5–6.





## LA GANADERIA DE TRASPATIO EN COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE MAPIMÍ, DURANGO, MÉXICO

José Luis Ortega Sánchez<sup>1\*</sup>, Aurora Martínez Romero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo. Durango, México. <sup>2</sup>Universidad Juárez del estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Gómez Palacio, Durango, México. \* Autor de correspondencia: joeortega899@gmail.com

### Introducción

El traspatio conocido como aquel espacio productivo y diverso con que cuentan algunas familias de zonas rurales y áreas periurbanas, es de gran importancia para la seguridad alimentaria, la organización y economía familiar de quienes trabajan en él (López et al. 2012). En éste espacio convergen tanto actividades agrícolas como pecuarias con la finalidad de proveer alimentos básicos tales como: carne, huevo, verduras, miel, entre otros a las familias principalmente de tipo rural e indígena.

La ganadería de traspatio (GT) es una de las actividades con mayor tradición y difusión en México, en especial entre las familias campesinas, que consiste en la cría y manejo en pequeña escala de un conjunto de animales; generalmente criollos, los animales normalmente se encuentran confinados en instalaciones rusticas construidas con materiales de la región y en algunos casos con materiales de desecho de industrias son alimentados con maíz, sorgo, soya, residuos agrícolas y desechos domésticos; lo cual constituye un ahorro en la economía familiar (Montero, 2015). Para la conservación de esta práctica, la participación de toda la familia es de gran importancia, la mujer juega un papel importante ya que son ellas las que están al cuidado de los animales (Vierna et al., 2004).

La producción pecuaria familiar o de traspatio contribuye al crecimiento del producto interno bruto, en algunos casos ayuda a dinamizar las exportaciones de productos pecuarios, genera empleos, además de ser fuente que genera nutrientes para el consumo y es factor clave en la lucha contra la inseguridad alimentaria y el desarrollo rural sustentable (FAO, 2022). Asimismo, SAGARPA (2016) define a la ganadería de traspatio como actividad fundamental practicada día a día tiene una trascendencia importante en la conservación de la cultura. La producción de especies pecuarias en el traspatio es una actividad que se realiza a pequeña escala, se caracteriza por la cría y manejo de animales como las gallinas, guajolotes, patos, conejos, cerdos, caprinos, ovinos y bovinos y equinos, destacándose las gallinas y los guajolotes como las especies de mayor importancia. De esta actividad se obtienen diversos productos, el cual tiene gran impacto en el uso del recurso genético animal como carne, leche, huevo, lana y pieles.



Asimismo, de este agroecosistema se destinan algunos animales para el trabajo, espectáculo, así como para diversas festividades sociales que son importantes para preservar la cultura (Mariaca, 2013). A pesar de su importancia, esta actividad enfrenta grandes problemas, sobre todo en lo que respecta a la alimentación, sanidad, condición de confort y de una adecuada asesoría técnica y un mercado cautivo, lo cual conlleva al fracaso de estos programas (Alayón-Gamboa, 2015).

La ganadería de traspatio (GT) se caracteriza porque se utilizan pocos insumos y mano de obra para el manejo de los animales que es aportada por los miembros de la familia. Este esquema de producción es una fuente importante de abasto de carne y huevo en el medio rural y en pequeñas poblaciones y áreas suburbanas, que permite a la gente de escasos recursos económicos producir sus propios alimentos y disponer de los excedentes para su venta.

En México una gran proporción de la población humana padece desnutrición, en especial los niños de las zonas rurales del mundo. El 77% de las personas con alto grado de desnutrición y de pobreza se encuentran en el medio rural, esto ha motivado a diversos organismos a impulsar la GT. Estos proyectos se caracterizan porque cada familia desarrolla su propia unidad productiva utilizando los recursos materiales e insumos disponibles en su comunidad. Bajo estas condiciones, los animales muestran niveles productivos y reproductivos relativamente bajos debido a deficiencias en el manejo de la alimentación y en el control de las enfermedades. La GT es una actividad poco estudiada (Hamilton-West et al., 2012). La información existente sobre sus mecanismos de producción, manejo de los animales, medidas de bioseguridad y la comercialización de los productos obtenidos, es muy escasa además la información acerca de la prevalencia de enfermedades zoonóticas en estas poblaciones y sobre el riesgo de transmisión a los agricultores (Grunkemeyer, 2011).

La agricultura familiar o de traspatio es de gran importancia para la seguridad alimentaria de las familias rurales que practican la agricultura familiar, debido a que genera alimentos, ahorro, e ingresos (Jaramillo, 2017). Asimismo, la agricultura familiar fue declarada como prioritaria en 2014, con la intención de reposicionar este tipo de agricultura como una posible solución a los problemas de seguridad alimentaria en el mundo.

De igual forma la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012), ha señalado que es necesario apoyar esta agricultura por el papel relevante que puede tener en lograr seguridad alimentaria y contribuir al desarrollo sostenible en las zonas rurales en lograr seguridad alimentaria y contribuir al desarrollo sostenible en las zonas rurales.

En base a lo anteriormente expuesto en donde se destaca la importancia que tiene la GT para el sector rural el objetivo de la presente revisión fue conocer la información publicada inherente a la ganadería de traspatio del municipio de Mapimí, Durango.



## Materiales y métodos

La presente revisión sistemática de literatura se llevó a cabo de enero a agosto del año 2022 se utilizaron las bases de datos del administrador EndNote y EBSCO host con los siguientes términos de búsqueda: La ganadería de traspatio en el municipio de Mapimí, Durango, agricultura familiar de Mapimí y Ganadería familiar de Mapimí. La búsqueda se complementó mediante la investigación en diversas publicaciones científicas.

## Resultados y Discusión

No se encontraron publicaciones sobre ganadería de traspatio del municipio de Mapimí. Sin embargo, se observó que en otros Estados de la República Mexicana como Veracruz, Puebla y Yucatán existen numerosas publicaciones sobre avicultura y producción de carne de pollo y huevo en el traspatio.

**Pequeños productores.** La FAO (2022) analiza que los pequeños productores que desarrollan actividades pecuarias representan una importante proporción de los pequeños productores en los países de la región y poseen una importante proporción de las praderas y los hatos ganaderos. En Bolivia los pequeños productores poseen el 43% de la población bovina nacional. En Ecuador el 84 % de los hogares rurales poseen ganado, con un promedio de 2,8 cabezas por hogar. En Colombia, los pequeños productores representan el 80.7% del total de los predios a nivel nacional. En Perú el 88% de la población bovina se concentra en predios con menos de 10 cabezas de ganado.

**Cuidado de los animales.** En el Estado de Yucatán Alayón-Gamboá (2015) la cría, cuidado y uso de los diferentes animales domésticos y silvestres en los espacios conocidos como traspacios o solares es parte del paisaje agrícola rural y periurbano. En ocasiones, las personas construyen instalaciones rústicas con materiales de la región para el alojamiento de los animales, aunque la mayoría de las veces estos duermen a la intemperie. Su salud y las medidas sanitarias empleadas para prevenir enfermedades se basan en prácticas culturales que van desde el uso de jugos de cítricos y plantas medicinales hasta el empleo de metales y el autocontrol de los animales sin la intervención humana. Solo en contadas ocasiones las familias ocupan medicina veterinaria, principalmente por el alto costo de los medicamentos, además de falta de asesoría técnica y conocimiento para aplicarlos. La SAGARPA (2016) promueve la instalación de las granjas de traspatio con la finalidad que se realice un manejo integrado de los espacios, se aprovechen adecuadamente los recursos disponibles, se apliquen tecnologías sencillas y baratas para hacer más eficientes las labores que allí se realizan y demostrar que existen alternativas que pueden hacer más redituable el sistema de producción. La ganadería de traspatio es una actividad ganadera a pequeña escala, la cual se caracteriza por criar y manejar animales domésticos alimentados con productos y subproductos agrícolas y se alojan en instalaciones rústicas, árboles o a la intemperie, entre estos destacan: gallinas criollas, guajolotes nativos, gansos, codornices, patos, conejos, borregos, cerdos, vacas y peces.



En San Nicolás de los Ranchos en el Estado de Puebla la aportación que los traspatios de los productores de maíz hacen a la seguridad alimentaria y al mantenimiento y conservación de la diversidad vegetal y animal, además su vínculo con el conocimiento campesino (López-González et al., 2013), en dicha investigación se mostró la sinergia agricultura-ganadería al analizar la función del traspatio en la seguridad alimentaria, además del cálculo del índice de diversidad y riqueza específica que ayudaron a exponer la diversidad vegetal encontrada, también se estimó la cantidad de estiércol seco que proporcionan los animales del traspatio a las actividades agrícolas, se encontró diversidad vegetal y animal, ya que en su mayoría se encuentran plantas de ornato, uso alimenticio y medicinal, también es posible identificar animales como lo son gallinas, pavos, borregos chivos, vacas, caballo y burros.

**Beneficios de la diversidad. Aportación del traspatio a la seguridad alimentaria.** En el Estado de Puebla la ganadería de traspatio es un sistema caracterizado por la crianza de un conjunto de animales como aves, equinos, vacunos, cerdos, caprinos, ovinos y bovinos, criados en el traspatio; así mismo los ovinos (*Ovis aries*), caprinos (*Capra hircus*), las gallinas (*Gallus gallus*) y pavos (*Meleagris gallopavo*) forman parte de la dieta de los productores, siendo el alimento principal de las fiestas, las cuales son de gran importancia en estas comunidades, dado que es a través de este tipo de eventos que la familia campesina como unidad social, mantiene y consolida redes y relaciones con otros (López-González et al., 2013). Las familias acostumbran mantener varios tipos de animales porque obtienen proteína, minerales y energía para su dieta a través de la carne, huevo y subproductos como la grasa, la piel y los cartílagos. Es de particular importancia la obtención de energía mediante la grasa animal que convierten en manteca y que guardan para su uso posterior para el proceso de alimentos (Alayón-Gamboa, 2015). Los productos obtenidos en el traspatio contribuyen a la alimentación de la familia, al ahorro en la compra de alimentos y a la obtención de ingresos por la venta de algunos productos. También interviene positivamente en la conservación ambiental, dado que son comunes las prácticas de incorporación de materia orgánica al suelo a través de la descomposición y reincorporación de desechos, los que, a su vez, complementan la alimentación de los animales (López-González et al. 2013), en San Nicolás de los Ranchos existe diversidad de traspatios ya que en su mayoría se encuentran plantas de ornato, uso alimenticio y medicinal, también es posible identificar animales como lo son gallinas, pavos, borregos chivos, vacas, caballos, burros y acémilas.

**Retos de la ganadería en el traspatio.** La diversidad de animales criados en el solar aporta proteínas, vitaminas y energía a la dieta familiar a lo largo del año, durante el cual se presentan periodos de abundancia y escasez. Esta fluctuación productiva se debe a diversos factores, entre los que se encuentran la cantidad y duración de la luz solar, la incorporación de fauna silvestre en el huerto, la producción de los cultivos en la milpa y la disponibilidad de recursos económicos para la crianza de los animales. La mayor parte de la producción obtenida se destina a la alimentación en el hogar, y solo una pequeña cantidad (18 a 23%) se ocupa para la venta y generación de ingresos económicos.



Por otra parte, la población animal ha venido reduciéndose a causa de la alta mortalidad de animales jóvenes (en especial pavos y cerdos), lo que sucede, entre otras razones, por la limitada disponibilidad de alimento para su crianza (Alayón-Gamboa, 2015). Al respecto, SAGARPA (2016) publica que los productos de la granja se utilizan para la alimentación de la familia o de los animales y los excedentes se destinan al mercado ya sea como materias primas o productos procesados. Según la FAO (2022) los materiales residuales se pueden utilizar para ser reciclados a través del composteo para la fertilización de los cultivos. Particularmente para la población pobre, la ganadería puede ser un medio importante que le permita aumentar su potencial, pero no el único. La venta y el consumo de productos animales pueden reducir la vulnerabilidad de los hogares a las privaciones estacionales de alimentos e ingresos, satisfacer las necesidades más amplias de seguridad alimentaria y mejorar el estado nutricional de los más vulnerables, especialmente las mujeres, niños y ancianos. La cría de ganado también puede proteger a los hogares de crisis como las provocadas por la sequía y otras catástrofes naturales (FAO, 2022). Las razas de ganado mayor (vacuno y equino) son empleados como tracción animal en actividades agrícolas; también importantes como generadores de estiércol utilizado como fuente importante de materia orgánica y nutriente para el suelo agrícola, contribuyendo en la conservación y mejoramiento de los mismos (López-González et al., 2013).

**Tecnologías y cadenas de valor.** Para brindar mayor impulso a las actividades ganaderas realizadas en traspatio, es muy importante aumentar el valor cultural y económico de los animales autóctonos que se crían en solar, así como diseñar estrategias de integración de la ganadería de traspatio a cadenas de valor. Representado en el mantenimiento y mejoramiento de las condiciones de crianza del cerdo pelón. Se está rescatando la población de animales y las prácticas culturales de su crianza; en ese sentido, se han adecuando sus instalaciones y han mejorado las prácticas sanitarias, alimenticias y de manejo para su cría y reproducción entre pequeños y medianos productores (Alayón-Gamboa, 2015). Los pequeños productores requieren para su desarrollo no solo el acceso a mejores y nuevas tecnologías, sino especialmente a innovaciones en los sistemas de producción, que garanticen su acceso a mercados y o mejoren la contribución del auto consumo a los requerimientos de las dietas alimentarias (FAO, 2022), el ganado es un importante bien de capital que, con una atención cuidadosa, puede dar un impulso a los hogares para salir de la pobreza extrema y beneficiarse de las economías de mercado. De igual manera, López-González y colaboradores (2013) concluyen que la ganadería de traspatio puede constituir una estrategia de sobrevivencia de los campesinos, al ser un apoyo económico en situaciones difíciles y por complementar ingresos y productos de consumo directo, permitiendo entonces un margen de autonomía con relación al mercado. La posesión de animales puede incrementar la capacidad de los hogares y las personas para cumplir sus obligaciones sociales y potenciar la identidad cultural (FAO, 2022).



## Conclusiones

La ganadería de traspatio consiste en la cría y manejo de animales, tanto nativos como criollos, en espacios conocidos como solares o huertos familiares, los cuales son áreas de cultivo, recreación, educación y experimentación aledañas a las viviendas. Dada la importancia que reviste la crianza de animales a nivel familiar como fuente de alimentación para la familia y la obtención de recursos económicos resulta necesario llevar a cabo investigaciones sobre ganadería de traspatio en el Municipio de Mapimí.

## Referencias

- Alayón-Gamboa J. A. 2015. Ganadería de traspatio en la vida familiar. *Ecofronteras* 19(54): 6-9.
- FAO. 2012. La ganadería en la seguridad alimentaria. *Ganadería mundial*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Roma. Pp. 139
- FAO. 2022. Producción pecuaria en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.  
<https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>
- Grunkemeyer V. L. 2011. Zoonoses, Public Health, and the Backyard Poultry Flock. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 14(3): 477-490.
- Hamilton-West C., Rojas H., Pinto J., Orozco J., Hervé-Claude L. P., Urcelay S. 2012. Characterization of backyard poultry production systems and disease risk in the central zone of Chile. *Research in Veterinary Science* 93(1): 121-124.
- Jaramillo V.J.L., Morales J., Domínguez T. V. 2016 Importancia económica del traspatio y su relación con la seguridad alimentaria en comunidades de alta marginación de Puebla, México. *Agroproductividad* 10(7): 27-32.
- López-González J.L., Damián-Huato M.A., Álvarez-Gaxiola F., Zuluaga-Sánchez G.P., Parra-Inzunza F., Paredes-Sánchez J.A. 2013. El traspatio de los productores de maíz: en san Nicolás de los Ranchos Puebla-México. *Ra Ximhai* 9(2): 181-198.
- López P.E. 2013. Modelo de proyectos productivos y negocios familiares con aves de traspatio en zonas de alta marginación. Segundo Simposium Internacional sobre avicultura de Traspatio. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Marica R. 2013. El huerto familiar y su incomparable riqueza. *Eco fronteras*. 47(1):30-33.
- Montero EM. 2015. "Características de la producción porcina". *Alternativas para la producción porcina a pequeña escala DF México: Universidad Nacional Autónoma de México/ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. pp. 206.
- SAGARPA. 2016. Del campo a la ciudad: granjas urbanas. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/del-campo-a-la-ciudad-granjas-urbanas>.
- Vierna J, Castillo A., Losada H., Cortes J., Alonso G., Ruiz, T., Hernández P., Zamudio A. Acevedo A. 2004. La participación de la mujer en la producción de traspatio y sus beneficios tangibles e intangibles. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 1(53):9-23.



## ANÁLISIS DEL ESPACIADOR INTERNO TRANSCRITO 3/4 EN NOGALES DE UN BANCO DE GERMOPLASMA DE NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*)

Alondra Gisela Campos-Villarreal<sup>1,2</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>1\*</sup>, Jesús Guadalupe Arreola-Ávila<sup>2</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>1,3</sup>, Alexander M. Czaja<sup>1</sup>, José Luis Estrada-Rodríguez<sup>1</sup>, María Cristina García-de la Peña<sup>1</sup> y Fabián García-González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad S/N, Fracc. Filadelfia, 35010, Gómez Palacio, Dgo. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez, km 40. C. P. 35230. Bermejillo, Durango, México. <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 35, S/N, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. \*Autor de correspondencia: vavilar@gmail.com

### Introducción

El cultivo de *Carya illinoensis* representa para México una actividad económica importante, posicionando al país como uno de los principales productores de nuez en el mundo (Reyes-Vazquez & Urrea-López, 2016), esto debido al valor nutricional y los beneficios que brinda a la salud consumir su fruto, la nuez (Huang et al., 2019). El Nogal pecanero se encuentra ampliamente distribuido de forma natural en México y Estados Unidos (Manaster, 1994; Thompson & Grauke, 1991), por lo que se ha adaptado a diversos climas (Reyes-Vazquez & Urrea-López, 2016), es por este motivo que se han estudiado las diferentes variedades, selecciones y poblaciones criollas y nativas, con el fin de conservar los materiales con mejores características de adaptación, productivas y económicas (Chaney et al., 2015; Elarabi & Elsoda, 2017; Grauke et al., 2015). Con este fin se han realizado estudios para determinar características morfológicas, así como sus propiedades químicas y características moleculares (Poletto et al., 2019). Estas características moleculares han llevado a establecer algunos parámetros de la estructura genética del nogal en base a su ubicación en Norteamérica (Grauke et al., 2011), así como determinar qué genes están involucrados en la producción de ácidos grasos (Huang et al., 2019). Como parte del estudio del genoma del cloroplasto de *Carya illinoensis* se obtuvo el número de regiones microsátélites en regiones intergénicas (Mo et al., 2020), sin embargo es necesario generar nueva información sobre estas regiones, que ha sido utilizada para esclarecer las relaciones entre taxa e intraespecíficas, por lo que se estableció el uso de la región ITS 3/4 para este estudio.

### Materiales y métodos

**Área de estudio.** Se realizó una recolecta de 8 muestras en el banco de germoplasma de nogal pecanero en México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con ubicación en las coordenadas 28°35'40.4"N 100°54'27.6"W, en el municipio de Zaragoza, Coahuila, el cual cuenta con 77 genotipos de nogal, provenientes de dos estados, Coahuila y Chihuahua (Cuellar-Villarreal, E. 2022) (Cuadro 1).



Cuadro 1. Muestras recolectadas del centro de germoplasma del INIFAP, Zaragoza, Coahuila.

Muestra	Selección	Tipo	Lugar de donde proviene
1	18-2	Nativa	Lamadrid, Coahuila
2	19-30	Nativa	Cuatro Ciénegas, Coahuila (CC)
3	7-58	Nativa	Nava, Coahuila
4	Frutoso	Criolla	Parras, Coahuila
5	16	Criolla	Chihuahua, Chihuahua
6	19-1	Nativa	Cuatro Ciénegas, Coahuila (CC)
7	20-1	Nativa	Ocampo, Coahuila
8	11-13	Nativa	Piedras Negras, Coahuila (PN)

**Recolecta y procesamiento de muestras.** Se recolectaron hojas de nogales y se colocaron en hielo para su conservación, posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UJED, donde se congelaron hasta su uso.

### Análisis genético

**Extracción de ADN.** Las muestras se lavaron con agua destilada y se secaron en toallas de papel, se tomó 1cm<sup>2</sup> de tejido para la extracción de ADN mediante una metodología de CTAB modificada (Doyley y Doyle, 1990).

**Amplificación y visualización de ADN.** En dichas muestras se amplificó la región ITS 3/4 con el uso de los oligos ITS3 Forward GCATCGATGAAGAACGCAGC e ITS4 Reverse TCCTCCGCTTATTGATATGC (Cheng et al., 2016) en un mix de reacción de 25 µl (5 µl de Buffer, 4µl de MgCl, 0.5 µl de dNTPs, 0.5 µl de cada primer de 10 picomoles/µl, 0.13 µl Taq DNA polimerasa, 10.37 µl agua grado MiliQ y 1µl de ADN). Se siguió el ciclo térmico de 94°C por 5 min, 30 ciclos de 94°C-30s, 58°C-30s, 72°C-45s y una extensión final de 72°C-5min. Se verificó la amplificación en geles de agarosa al 1.2%, los cuales se observaron en un transiluminador UVP.

**Secuenciación.** Las muestras se enviaron al laboratorio MacroGen USA Corp. Maryland, USA, para su secuenciación.

**Análisis de secuencias.** A las secuencias obtenidas se les realizó un Blast en la plataforma de NCBI (National Center for Biotechnology Information) para identificar el porcentaje de identidad con secuencias existentes, se seleccionaron las secuencias con un alto porcentaje de identidad, así como un grupo externo *Juglans regia* con clave de acceso KF454101.1, para el posterior análisis de las secuencias en el software MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms (Kumar, Stecher, Li, Knyaz, and Tamura 2018), en el cual se hizo la alineación de las mismas, se hizo un análisis de la composición nucleotídica, se determinó la distancia genética con el modelo de p-distancia y se realizó la construcción de árboles filogenéticos con las metodologías de Máxima parsimonia y Neighbor-joining.





## Resultados y discusión

Las secuencias fueron analizadas mediante el porcentaje de similitud nucleotídica. La identidad de la especie mostró valores de similitud relativamente altos los cuales variaron de 99.13%, 99.42, con las especies *C. illinoensis* con clave de acceso AF174619.1.

Cuadro 2. Porcentaje de similitud genética de las muestras del germoplasma del INIFAP, Zaragoza, Coahuila.

Muestra	<i>C.illinoensis</i> AF174619.1 (Jackson et al., 1999)	<i>C. glabra</i> MG237011.1 (Kuzmina et al., 2017)	<i>C. laciniosa</i> MG237269.1 (Kuzmina et al., 2017)	<i>C. ovata</i> AF174620.1 (Jackson et al., 1999)	<i>C. tomentosa</i> EU646134.1 (Sin publicar)	<i>Juglans regia</i> KF454101.1 (Sin publicar)
1	99.42%	98.54%	98.25%	98.24%	98.46%	92.64%
2	99.13%	98.25%	97.96%	97.95%	98.15%	92.35%
3	99.71%	98.83%	98.54%	98.53%	98.77%	93.44%
4	99.71%	98.83%	98.54%	98.53%	98.77%	93.17%
5	99.71%	98.83%	98.54%	98.53%	98.77%	92.90%
6	99.42%	98.54%	98.25%	98.24%	98.46%	93.44%
7	99.71%	98.83%	98.54%	98.53%	98.77%	93.72%
8	99.71%	98.83%	98.54%	98.53%	98.76%	93.72%

Se encontraron de 341-343 sitios conservados, de 1-2 sitios variables, no se encontraron sitios parsimoniosos y se encontraron 2 sitios de sustitución única (Cuadro 2). La alineación de secuencias y la variación mínima de longitudes entre las muestras a diferencia de lo que se presentó con los grupos externos por los tamaños de las secuencias fueron la base para determinar estos sitios tal como lo reportó Baldwin, 1992 donde la alineación de las secuencias y la poca variación en los tamaños de las secuencias ITS facilitaron la determinación de la homología posicional de los sitios. Las secuencias obtenidas tuvieron un tamaño de 362-367 pb (Cuadro 4), tamaño similar al reportado por Cheng et al., 2016 de 412±20 pb en plantas angiospermas.

El análisis de la distancia genética entre de las muestras y otras especies de *Carya*, así como de *Juglans regia* como grupo externo (Cuadro 3) con el método de p-distancia, nos indica una estrecha relación en la región ITS 3/4 en las ocho muestras de *Carya illinoensis*, teniendo resultados de 0 a 0.006, lo que indica una reducida distancia genética entre muestras y presentando valores más elevados al comparar las secuencias obtenidas con otras especies del género *Carya*, lo cual se puede observar también en la Figura 1, donde en la construcción de los árboles filogenéticos mediante los métodos de Máxima parsimonia y Neighbor-joining, *Carya illinoensis* también se encuentra separada junto con las muestras, del resto de las especies de *Carya* y de *Juglans regia*, lo cual se observó también en el cloroplasto de esta especie, donde en la reconstrucción filogenética con el uso de SNPs mediante el método de maximum likelihood (Mo et al., 2020) también separó en diferentes clados *Carya illinoensis* de otras especies de *Carya*, de igual manera Zhang et al., 2013 en la reconstrucción filogenética también encontraron *Carya illinoensis* en diferente clado de otras especies del género *Carya*.



De las muestras, las que presentaron estrecha relación en la construcción filogenética mediante el método de Máxima Parsimonia y Neighbor-joining fueron las muestras provenientes de Chihuahua, Chih. y Lamadrid, Coah., reforzado por una distancia genética (Cuadro 5) con valor de 0, siendo este dato importante ya que no es la primera vez que se relacionan muestras de estos estados, ya que Grauke et al., 2010 encontraron el mismo haplotipo con marcadores microsatélite de plástidos de nogal pecanero en los estados de Chihuahua y Coahuila.

Cuadro 3. Análisis de la composición nucleotítica de muestras de *Carya illinoensis*.

Muestra	Sitios conservados	Sitios Variables	Sitios Parsimoniosos	Sitios de sustituciones únicas
1	342	2	0	2
2	341	2	0	0
3	343	2	0	0
4	343	2	0	0
5	343	2	0	0
6	342	1	0	0
7	343	2	0	0
8	342	1	0	0

Cuadro 4. Porcentajes de las frecuencias de nucleótidos de las secuencias de *Carya illinoensis*.

Localidades	Bases Nucleotídicas				Total AT	Total GC	Total
	T	C	A	G	AT	GC	
1	21.2	31.0	19.2	28.6	40.4	50.2	365
2	21.3	31.2	18.8	28.7	40.1	60.4	367
3	21.0	30.9	19.7	28.4	40.7	59.3	365
4	21.0	30.9	19.7	28.4	40.7	59.3	364
5	21.2	31.0	19.5	28.3	40.7	59.3	366
6	21.1	31.0	19.5	28.5	40.6	59.5	366
7	21.3	30.8	19.6	28.3	40.9	60.1	362
8	20.8	31.0	19.7	28.5	40.5	59.5	364



Cuadro 5. Matriz de distancias genéticas según el modelo de p-distancia.

	8	7	6	5	4	3	2	1	C. illi	C. gl	C. la	C.o v	C. to	J.re
<i>8 PN, Coah.</i>	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		00	00	03	03	00	00	04	03	05	06	07	06	13
<i>7Ocampo, Coah.</i>	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00		00	03	03	00	00	04	04	05	06	07	07	13
<i>6CC, Coah.</i>	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00	00		03	03	00	00	04	03	05	06	07	06	13
<i>5 Ch, Chihuahua</i>	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	03	03	03		00	00	00	00	04	05	06	07	07	13
<i>4 Parras, Coah.</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	03	03	03	00		00	00	00	04	05	06	07	07	13
<i>3 Nava, Coah.</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00	00	00	00	00		00	03	04	05	06	07	07	13
<i>2 CC, Coah.</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	00	00	00	00	00	00		00	04	05	06	07	07	13
<i>1Lamadrid, Coah.</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	06	05	06	00	00	03	00		04	05	06	07	07	13
<i>C. illinoensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	03	06	03	06	06	06	06	06		05	06	04	04	13
<i>C. glabra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0	0.0
	09	09	09	09	09	09	09	09	09		03	03	00	13
<i>C. laciniosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0	0.0
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		00	03	13
<i>C. ovata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0	0.0
	15	18	15	18	18	18	18	18	10	03	00		01	13
<i>C. tomentosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*	0.0
	12	15	12	15	15	15	15	15	09	00	03	01		14
<i>Juglans regia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*
	52	52	53	56	55	53	53	58	56	53	56	56	56	

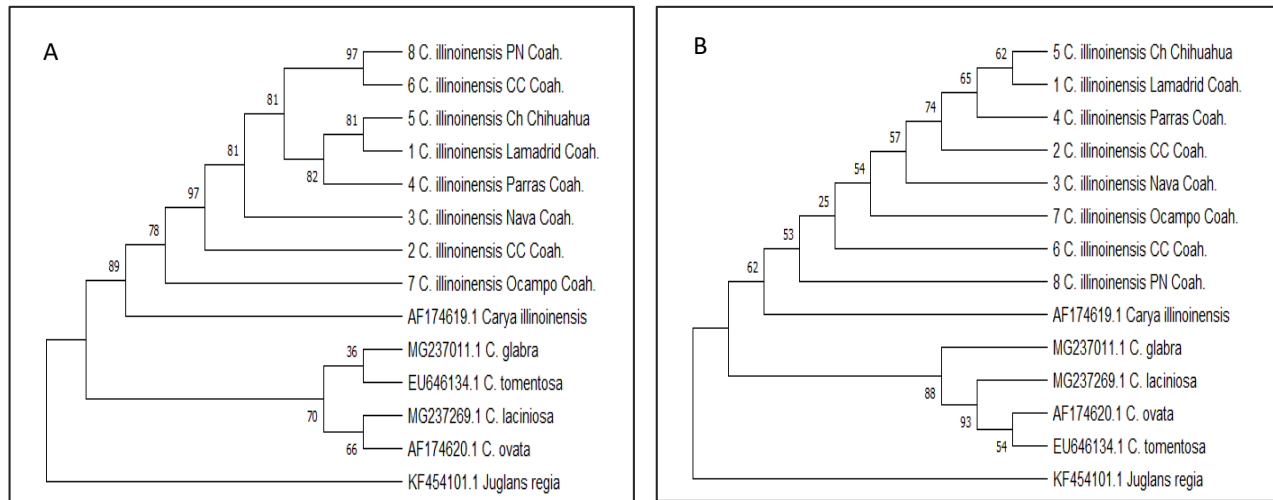


Figura 1. A- Árbol filogenético construido con el método de Máxima Parsimonia. B- Árbol filogenético construido con el método de Neighbor-joining.

## Conclusiones

El Primer ITS 3/4 mostró una amplificación exitosa en todos los individuos con un tamaño aproximado a los 500 pb, e indicó que puede haber variaciones en este sitio en árboles provenientes de diferentes localidades, las cuales podrían estar relacionadas a sus orígenes más que a los factores climáticos en los que se encuentran actualmente. Las secuencias de las regiones ITS 3/4 han sido empleadas a nivel de esta especie, sin embargo, es necesario que se sigan realizando este tipo de estudios de la región completa ya que son regiones altamente variables.

## Referencias

- Baldwin, B. G. (1992). Phylogenetic Utility of the Internal Transcribed Spacers of Nuclear Ribosomal DNA in Plants: An Example from the Compositae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 1(1), 3–16.
- Chaney, W., Han, Y., Rohla, C., Monteros, M. J., & Grauke, L. J. (2015). Developing molecular marker resources for pecan. *Acta Horticulturae*, 1070, 127–132. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1070.13>
- Cheng, T., Xu, C., Lei, L., Li, C., Zhang, Y., & Zhou, S. (2016). Barcoding the kingdom Plantae: New PCR primers for ITS regions of plants with improved universality and specificity. In *Molecular Ecology Resources* (Vol. 16, Issue 1, pp. 138–149). <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12438>
- Cuellar-Villarreal, E. (2022). Mejoramiento genético del nogal pecanero para la calidad de la nuez. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/mejoramiento-genetico-del-nogal-pecanero-para-la-calidad-de-la-nuez?idiom=es>.
- Elarabi, N., & Elsoda, A. (2017). Molecular Evaluation of Genetic Diversity Among Seven Genotypes of Pecan (*Carya illinoensis*). *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 8(2), 27–33. <https://doi.org/10.21608/jacb.2017.38425>



- Grauke, L. J., Klein, R., & Klein, P. (2015). The Forest and the Trees: Applications for Molecular Markers in the Repository and Pecan Breeding Program. Grauke, L. J., Klein, R., & Klein, P. (2015). The Forest and the Trees: Applications for Molecular Markers in the Repository and Pecan Breeding Program.
- Grauke, L. J., Mendoza-Herrera, M. A., & Binzel, M. L. (2010). Plastid microsatellite markers in *Carya*. *Acta Horticulturae*, January 2009, 237–246. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.859.27>
- Grauke, L. J., Mendoza-Herrera, M. A., Miller, A. J., & Wood, B. W. (2011). Geographic patterns of genetic variation in native pecans. *Tree Genetics and Genomes*, 7(5), 917–932. <https://doi.org/10.1007/s11295-011-0384-4>
- Huang, Y., Xiao, L., Zhang, Z., Zhang, R., Wang, Z., Huang, C., Huang, R., Luan, Y., Fan, T., Wang, J., Shen, C., Zhang, S., Wang, X., Randall, J., Zheng, B., Wu, J., Zhang, Q., Xia, G., Xu, C., ... Huang, J. (2019). The genomes of pecan and Chinese hickory provide insights into *Carya* evolution and nut nutrition. *GigaScience*, 8(5), 1–17. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giz036>
- Jackson, R. B., Moore, L. A., Hoffmann, W. A., Pockman, W. T., & Linder, C. R. (1999). Ecosystem rooting depth determined with caves and DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96(September), 11387–11392.
- Kuzmina, M. L., Braukmann, T. W. A., Fazekas, A. J., Graham, S. W., Dewaard, L., Rodrigues, A., Bennett, B. A., Dickinson, T. A., Saarela, J. M., Paul, M., Newmaster, S. G., Percy, D. M., Fenneman, E., Lauronmoreau, A., Ford, B., Gillespie, L., Subramanyam, R., Whitton, J., Jennings, L., ... Paul, D. N. (2017). Using Herbarium-Derived DNAs to Assemble a Large-Scale DNA Barcode Library for the Vascular Plants of Canada. *Applications in Plant Sciences*, 5(12). <https://doi.org/10.3732/apps.1700079>
- Manaster, J. (1994). *The Pecan Tree* (First edit). University of Texas Press Austin.
- Mo, Z., Lou, W., Chen, Y., Jia, X., Zhai, M., Guo, Z., & Xuan, J. (2020). The chloroplast genome of *Carya illinoensis*: Genome structure, adaptive evolution, and phylogenetic analysis. *Forests*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/f11020207>
- Poletto, T., Poletto, I., Maria, L., Silva, M., Fátima, M., Muniz, B., Rejane, L., Reiniger, S., Richards, N., & Marcos, V. (2019). Morphological, chemical and genetic analysis of southern Brazilian pecan (*Carya illinoensis*) accessions. *Scientia Horticulturae*, September, 108863. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108863>
- Reyes-Vazquez, N. del C., & Urrea-López, R. (2016). Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México (Primera). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.
- Thompson, T. E., & Grauke, L. J. (1991). PECANS AND OTHER HICKORIES (*CARYA*). *Acta Horticulturae*, 290, 839–906. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1991.290.19>
- Zhang, J. B., Li, R. Q., Xiang, X. G., Manchester, S. R., Lin, L., Wang, W., Wen, J., & Chen, Z. D. (2013). Integrated Fossil and Molecular Data Reveal the Biogeographic Diversification of the Eastern Asian-Eastern North American Disjunct Hickory Genus (*Carya* Nutt.). *PLoS ONE*, 8(7), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070449>



## RECONSTRUCCIÓN HIDROCLIMÁTICA CON BASE EN ANILLOS DE CRECIMIENTO DE *Pinus leiophylla* Schl. & Cham

María del Socorro Méndez-Márquez <sup>1\*</sup>; José Villanueva-Díaz<sup>2</sup>; Julián Cerano-Paredes<sup>2</sup>; Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>2</sup>; Rafael Carrillo-Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carr. Gómez Palacio - Chihuahua Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA), Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. \*Autor de correspondencia: maryims275@gmail.com

### Introducción

Actualmente la variación climática se ha visto modificada por acciones antropogénicas (Thom & Seidl, 2016). Producto de esta variación es importante estudiar el comportamiento histórico de las variables que la integran para analizar su comportamiento pasado, cambio actual y tendencias a futuro. Para analizar este comportamiento se han empleado fuentes proxy como los anillos de árboles que fechados con exactitud permiten analizar la variabilidad histórica del clima por siglos o milenios (Bradley, 1999). Esto se ha optado ya que en México los registros climáticos son limitados en tiempo y calidad, lo que dificulta su uso para un análisis histórico. *Pinus leiophylla* Schl. & Cham es una especie con anillos de crecimiento bien definidos, sin embargo, es una especie en que los estudios dendrocronológicos han sido muy limitados. Debido a esta limitante, es de gran interés desarrollar un análisis histórico para tomar decisiones y establecer planes de manejo de recursos hídricos con fines de mitigación, fundamentados en periodos críticos y prolongados de baja disponibilidad hídrica. El objetivo del presente estudio fue desarrollar una reconstrucción de precipitación estacional invierno-primavera en el área de producción de agua de la cuenca del río Piaxtla, mediante series de crecimiento de madera temprana (EW), tardía (LW) y anillo total (RW) con *Pinus leiophylla*.

### Materiales y métodos

Las áreas con presencia de *Pinus leiophylla* se ubicaron en el municipio de San Dimas Durango. Los sitios se identificaron como San José Miravalles y Vencedores. Se realizó un muestreo selectivo de arbolado vivo y muerto. Se extrajeron muestras como núcleos de crecimiento y secciones transversales (Cerano et al., 2022). Se prepararon y analizaron en el laboratorio nacional de dendrocronología en el INIFAP CENID-RASPA. Se realizó un conteo y medición de anillos de crecimiento. La base de datos generada se analizó en COFECHA para determinar su calidad y posterior a ello se trabajaron en ARSTAN para normalizar las series de crecimiento (Holmes, 1983). Se obtuvieron datos climáticos (precipitación y temperatura), hidrométricos, índices océano-atmósfera e índices de sequía. Con la finalidad de analizar la función de respuesta entre las series de crecimiento dendrocronológicas y los datos obtenidos. Finalmente se realizó la reconstrucción de precipitación obteniendo valores extremos para identificar periodos secos y húmedos.



## Resultados y discusión

Se fecharon 184 núcleos de crecimiento obtenidos de 71 especímenes de *Pinus leiophylla*, generando una cronología combinada con el índice de anillo total (Figura 1) de ambos sitios con una extensión de 196 años (1825-2020), ( $r = 0.55$ ,  $p < 0.01$ ). Los valores estadísticos generados son similares a otras cronologías desarrolladas con especies de coníferas presentes en la Sierra Madre Occidental con valores de correlación de 0.52 a 0.70, las cuales han sido utilizadas con fines de reconstrucción dendrocimática (Cerano et al., 2012; Villanueva et al., 2018).

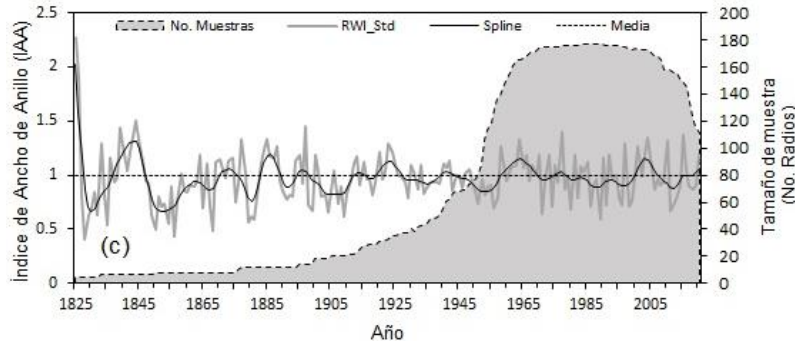


Figura 1. Serie dendrocronológica de anillo total versión estándar de *Pinus leiophylla* al combinar ambos sitios (c).

La relación entre la cronología integrada de anillo total y temperatura máxima mensual fue negativa enero-abril, donde se encontraron correlaciones bajas pero significativas ( $r = -0.44$ ,  $p < 0.01$ ). La explicación de esta relación, se fundamenta en un incremento en el déficit de presión de vapor en las acículas y cierre total de los estomas (Leverenz, 1981). Con relación a la temperatura mínima mensual, se encontró correlación negativa con las series de anillo total y madera temprana para el mes de marzo del año actual de crecimiento ( $r = -0.23$ ,  $-0.24$ ;  $p < 0.01$ ), esto es un indicativo de que esta variable, no ejerce tanta influencia en los procesos fisiológicos como la temperatura máxima (Cleaveland et al., 2003).

Los registros de precipitación acumulada octubre-diciembre mostraron una mayor correlación con la cronología integrada de madera temprana y anillo total ( $r = 0.71$ ,  $0.70$ ;  $p < 0.01$ ) donde la cronología explica 50% de la variabilidad estacional, este potencial de respuesta climática es similar o superior al de otras especies de coníferas en la región (Villanueva et al., 2015). Se realizó una reconstrucción para el período de la cronología con un EPS 0.96 y Rbar total 0.35, que comprendió el período 1850-2020 (171 años), donde la serie reconstruida indicó alta variabilidad interanual y multianual para la región de San Dimas, Durango (Figura 3).

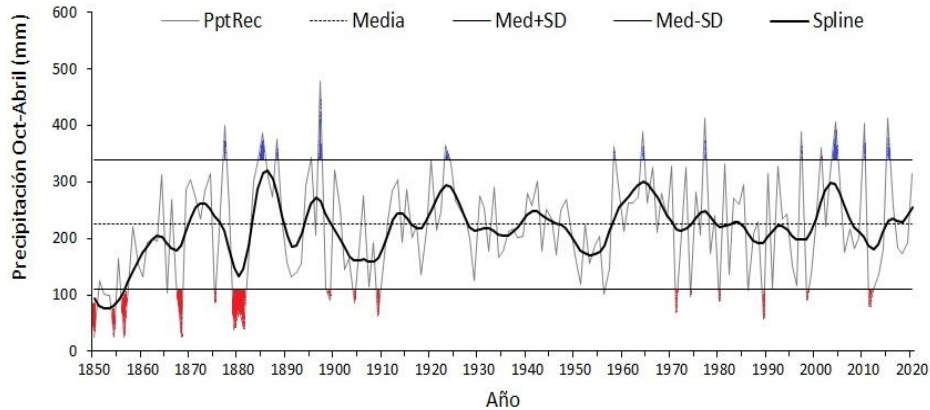


Figura 3. Reconstrucción de precipitación estacional octubre-abril de los últimos 171 años para la región San Dimas, Durango.

La reconstrucción desarrollada detectó la presencia de sequías como la ocurrida en las décadas de 1850 y 1860, que afectaron la producción de alimentos en el estado de Durango y en gran parte del país. Durante el periodo del Porfiriato, se presentaron sequías de alto impacto social y económico como ocurrió en los años 1875, 1882, 1884-1885 (Florescano, 1980). El análisis de ondeleta al asociar la precipitación reconstruida del periodo octubre-abril (Figura 4) permitió observar los periodos en los que las frecuencias dominantes fueron significativas, los cuales pueden asociarse a la influencia de ENSO, con frecuencias dominantes de 2 a 7 años, del cual se ha documentado su influencia en diferentes estudios dendrocronológicos (Villanueva et al., 2018).

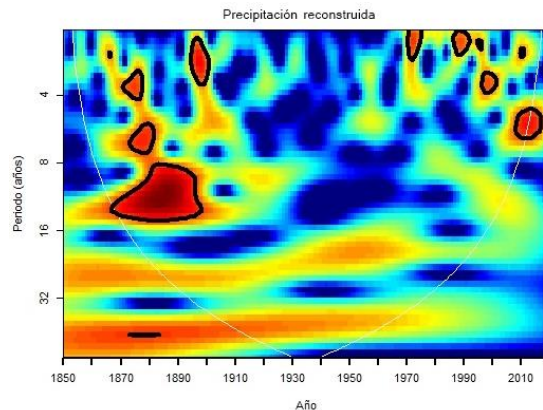


Figura 4. Análisis de ondeleta a nivel anual de la precipitación reconstruida invierno-primavera. Las manchas rojas circunscritas en línea negra señalan periodos significativos atribuidos a la influencia de fenómenos circulatorios como ENSO, que se presentaron en años específicos de la reconstrucción de precipitación.

La relación entre la precipitación estacional (octubre-abril) y el volumen de caudal medio (noviembre-agosto) correlacionaron significativamente ( $r = 0.59$ ;  $p < 0.01$ ), explicó hasta un 41% del volumen de caudal medio registrado para noviembre-agosto que determina un mayor incremento radial de la especie en estudio donde la precipitación acumulada invierno-primavera y verano, se relaciona con series dendrocronológicas de madera temprana y de anillo total (Martínez *et al.*, 2020).





La comparación entre los registros PDSI reconstruido para la república mexicana y la cronología estándar de madera temprana de la serie integrada se encontró una correlación de 0.54 ( $p < 0.01$ ) para el periodo junio-agosto, también se encontró una correlación significativa entre el SPI reconstruido y la versión estándar de la cronología integrada de madera temprana para los meses de diciembre a abril ( $r = 0.36$ ,  $p < 0.01$ ) lo cual implica una estrecha relación entre el volumen de agua almacenado en el suelo y la velocidad de pérdida mediante el proceso de evapotranspiración como función de temperatura (Villanueva et al., 2009).

## Conclusiones

Los anillos de crecimiento de *Pinus leiophylla* mostraron alta definición. Esta especie fue sensible a la precipitación invierno-primavera, asociada a la fase cálida de ENSO. La respuesta a los índices de sequía reflejó balances hidrológicos durante la estación de crecimiento, sugiriendo un incremento en las temperaturas máximas y por ende un abatimiento acelerado del agua disponible en el suelo y problemas de estrés hídrico a la planta; esta situación derivada del calentamiento global, augura problemas para la estabilidad ecológica en los ecosistemas, por lo que es importante tomar las medidas pertinentes para mitigar estos impactos.

## Referencias

- Bradley, R. S. (1999). Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary. Elsevier.
- Cerano Paredes, J., Villanueva Díaz, J., Valdez Cepeda, R. D., Constante García, V., González Barrios, J. L., & Estrada Ávalos, J. (2012). Precipitación reconstruida para la parte alta de la Cuenca de Río Nazas, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(10), 07-23. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200711322012000200002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200711322012000200002&script=sci_arttext)
- Cerano-Paredes, J., Szejner, P., Gutiérrez-García, G., Cervantes-Martínez, R., Cambrón-Sandoval, V. H., Villanueva-Díaz, J. & Castruita-Esparza, L. U. (2022). How to Extract Climate Variability from Tree-Rings. *J. Vis. Exp*, 181, e63414. [Archivo PDF].
- Cleaveland, M. K., Stahle, D. W., Therrell, M. D., Villanueva-Diaz, J., & Burns, B. T. (2003). Tree-ring reconstructed winter precipitation and tropical teleconnections in Durango, Mexico. *Climatic Change*, 59(3), 369-388. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024835630188>
- Florescano, M. (1980). Análisis histórico de las sequías en México (No. 632.12 F5).
- Holmes, R. L. (1983). Computer assisted quality control. *Tree-ring bull*, 43, 69-78. <http://hdl.handle.net/10150/261253>
- Leverenz, J. W. (1981). Photosynthesis and transpiration in large forest-grown Douglas-fir: diurnal variation. *Canadian Journal of Botany*, 59(3), 349-356. <https://doi.org/10.1139/b81-048>
- Martínez-Sifuentes, A. R., Villanueva-Díaz, J., Carlón-Allende, T., & Estrada-Ávalos, J. (2020). 243 years of reconstructed streamflow volume and identification of extreme hydroclimatic events in the Conchos River Basin, Chihuahua, Mexico. *Trees*, 34(6), 1347-1361. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00468-020-02002-w>
- Thom, D., & Seidl, R. (2016). Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews*, 91(3), 760-781. <https://doi.org/10.1111/brv.12193>



- Villanueva Díaz, J., Fulé, P. Z., Cerano Paredes, J., Estrada Ávalos, J., & Sánchez Cohen, I. (2009). Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental con anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Ciencia forestal en México*, 34(105), 37-69. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140535862009000100003&script=sci\\_abstract&lng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140535862009000100003&script=sci_abstract&lng=en)
- Villanueva D., J., J. Cerano P., L. Vázquez S., D.W. Stahle, P.Z. Fulé, L.L. Yocom, O. Franco R. y J.A. Ruiz C. (2015). Red dendrocronológica de pino de altura (*Pinus hartwegii* Lindl.) para estudios dendroclimáticos en el noreste y centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2015(86), 5-14. <https://doi.org/10.14350/rig.42003>
- Villanueva-Díaz, J., González-Elizondo, M., Cerano-Paredes, J., Estrada Ávalos, J., Martínez Sifuentes, A. R., & Rosales Mata, S. (2018). Red dendrocronológica de pino triste (*Pinus lumholtzii* BL Rob. & Fernald) en la Sierra Madre Occidental para reconstrucción de lluvia estacional. *Madera y bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421530>



## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CH6, NUEVO CLON DE AJO JASPEADO PARA ZACATECAS, MÉXICO

Manuel Reveles-Hernández<sup>1\*</sup>, José Ángel Cid-Ríos<sup>1</sup>, Rodolfo Velasquez-Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, \*Autor para correspondencia Email: [reveles.manuel@inifap.gob.mx](mailto:reveles.manuel@inifap.gob.mx)

### Introducción

El ajo es una de las especies de la familia de las Alliaceas y, después de la cebolla, es la que más se cultiva y usa alrededor del mundo debido a sus características culinarias y medicinales, cultivándose prácticamente en todos los ambientes climáticos (Brewster, 2008; Viana et al., 2020; Ammarellou et al., 2022), su cultivo se conoce desde 3000 años A. C. (Boriss, 2006). El mejoramiento del ajo ha estado limitado a la selección de genotipos existentes, lo anterior debido a que generalmente se realiza su propagación de manera asexual, usando los bulbillos o dientes de los bulbos para sembrarse y generar una nueva planta, esta condición limita la recombinación genética (Zheng et al., 2007), en la generación de nuevas variedades se puede usar selección masal o selección individual y obtención de clones. Como en el resto de los cultivos, se recomienda que en la siembra de ajo se usen genotipos adaptados a cada región productora, dado que este hecho favorece la expresión del potencial productivo de la variedad, así como el contenido de algunos compuestos como la alicina, la cual es afectada por las condiciones de cada región y su interacción con el genotipo usado (Mostafa et al., 2015). En la selección de variedades de ajo es común que se consideren aspectos como el diámetro de los bulbos, peso, número de dientes por bulbo, número de catáfilas, longitud, diámetro y número de hojas (Ammarellou et al., 2022), además de color de las catáfilas, distribución de los bulbillos o dientes, color de la piel del diente, (Reveles-Hernández et al., 2017).

El Comité Nacional del Sistema Producto Ajo a través de su plan rector menciona que el mejoramiento genético y la calidad sanitaria de la semilla constituyen un problema severo en la producción del cultivo a nivel nacional (CONAJO, 2009). La falta de variedades adaptadas a cada región productora sigue siendo una limitante de este cultivo en la mayoría de las áreas productoras de ajo de México (Reveles-Hernández et al., 2011) situación a la que no escapan los estados de Zacatecas, Aguascalientes, Nuevo León y Sonora, por lo que es relevante la generación de materiales genéticos adecuados a cada región a fin de incrementar la productividad y sustentabilidad del cultivo. Se ha observado que las malformaciones como la ausencia de dientes o bulbillos debido a la falta de diferenciación de los bulbos está relacionada con factores del ambiente y manejo durante el ciclo de cultivo, sin embargo, también se relaciona con el genotipo usado (Silvestri et al., 2007), por lo que se considera importante evaluar este tipo de fisiopatías al momento de seleccionar genotipos para cada región productores. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento del rendimiento y calidad de un nuevo clon de ajo jaspeado con potencial productivo para el estado de Zacatecas.



## Materiales y métodos

El experimento se estableció en terrenos del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado a los 22°54'17" de latitud norte, 102°39'44" de longitud oeste y a 2194 msnm, en el municipio de Calera en el estado mexicano de Zacatecas. En la siembra se utilizó semilla proveniente del banco de germoplasma del CEZAC cosechada durante junio del año 2021, utilizando bulbos de 30 mm de diámetro ecuatorial o superiores y bulbillos de 8.0mm ó más de diámetro. El cultivo se estableció en camas de siembra de 1.60m de ancho con seis hileras de plantas y una distancia de 10 cm entre plantas, para el riego se utilizó cintilla de riego de flujo medio y goteros a una distancia de 20cm entre ellos, colocando tres cintillas de riego por cada cama de siembra, de tal manera que cada cintilla regara dos hileras de plantas. El genotipo evaluado está registrado en los libros de campo como CH6 y fue colectado en terrenos de productores en el municipio de Calera, el Clon se comparó, usando como testigo, con la variedad del INIFAP registrada como Calerense en el catálogo nacional de Variedades Vegetales.

La unidad experimental constó de tres camas de siembra con una longitud de 6.0 m de tal manera que cada unidad medía 4.80m de ancho, lo que significa una superficie de 28.8 m<sup>2</sup> por unidad experimental. El diseño experimental usado fue en bloques al azar con tres repeticiones. La fecha de siembra fue el 5 de noviembre de 2021, durante el ciclo de cultivo se aplicó la dosis de fertilización 225-80-255, expresada en kilogramos de nitrógeno, fosforo y potasio por hectárea, respectivamente, la aplicación de los fertilizantes se realizó cada 10 días a través del sistema de riego por goteo.

La cosecha se realizó el 18 de mayo de 2022 suspendiendo el riego para posteriormente realizar el aflojado y engavillado de las plantas, después de ocho días se realizó la eliminación de la parte aérea y raíces y se procedió a la clasificación y pesado de los bulbos de acuerdo a su diámetro ecuatorial (Reveles-Hernández et al., 2009), conforme a la norma mexicana NMX-FF-018-SCFI-2006. Para su análisis se separaron los bulbos de tamaño seis (45mm de diámetro ecuatorial) y superiores para calcular el rendimiento comercial de cada genotipo evaluado; además, se realizó conteo de bulbos sin diferenciar (con ausencia de dientes) en cada uno de los genotipos evaluados. Los resultados obtenidos de la cosecha se utilizaron para realizar un análisis de varianza y comparación de medias usando el Programa de Diseños experimentales de la F.A. U.A.N.L. (Olivares, 2013).

## Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestran las medias del rendimiento promedio, del rendimiento comercial y del porcentaje de bulbos sin diferenciar que presentaron los dos genotipos evaluados. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los dos genotipos evaluados, sobresaliendo el rendimiento total del clon denominado CH6, el cual superó a la variedad Calerense con 4587 kg ha<sup>-1</sup>, lo que significó un rendimiento superior en un 34%.



Al evaluar la producción de bulbos de tamaño comercial se observó que el clon CH6 superó con 5117 kg ha<sup>-1</sup> a la variedad Calerense usada como testigo, significando una diferencia de un 42%, lo anterior demuestra que existen diferencias estadísticamente entre los rendimientos comerciales de los dos genotipos. La Correlación al por ciento de bulbos sin diferenciar, se encontraron diferencias altamente significativas entre los dos genotipos evaluados, destacando que la variedad Calerense presentó este tipo de fisiopatías en el 4.67 de los bulbos cosechados, mientras que en el clon CH6 solamente se presentó esta deformación en el 0.67% de los bulbos.

Cuadro 1. Rendimiento promedio, rendimiento comercial y por ciento de bulbos sin diferenciar de dos genotipos de ajo jaspeado en Calera, Zac.

Genotipo	Rendimiento Promedio (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento comercial (kg ha <sup>-1</sup> )	Bulbos sin diferenciar
Calerense	13322.3 b	12006.6 b	4.670
CH6	17909.3 a	17123.6 a	0.697
Significancia	0.039	0.042	0.019
Tukey (0.05)	3996.221	4668.597	2.385

Promedios seguidos de la misma letra dentro de columnas, no difieren estadísticamente con base en la comparación de media de Tukey con  $p \leq 0.05$ .

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Silvestri y colaboradores (2007) que al evaluar clones de ajo reportan que esta fisiopatía varía entre los genotipos, lo cual indica que está relacionada con la información genética de los genotipos evaluados. De acuerdo con las variables evaluadas se encuentra una diferencia notoria en cuanto a productividad del clon CH6, lo que podría ser un indicador de la adaptación adecuada del genotipo a las condiciones del cultivo en las que se realizó el ensayo, lo que refuerza lo aseverado por Zheng y colaboradores (2007), quienes menciona que la selección de clones significa una alternativa para la obtención de variedades mejoradas de ajo.

## Conclusiones

El clon evaluado supero en rendimiento general y comercial al testigo usado en el ensayo, además presentó menor por ciento de bulbos sin diferenciar. De acuerdo con las variables evaluadas, el clon CH6 significa una oportunidad de uso de nuevos genotipos con adaptación a las condiciones edafoclimáticas del área en donde se realizó el ensayo.



## Referencias

- Ammarellou A.; Yousefi A. R.; Heydari M.; Uberti D. and Mastinu A. (2022). Biochemical and Botanical Aspects of *Allium sativum* L. Sowing. *BioTech*, 11: 1-9
- Boriss, H. (2006). Commodity Profile: Garlic. Agricultural Issues Center. Pittsboro, NC, USA. 10p
- Brewster, J. L. (2008). Onions and other vegetable alliums (Vol. 15). CABI. Wallingford, UK; Cambridge, MA, USA, p. xii.
- CONAJO (Comité Nacional Sistema Producto). (2009). Plan Rector del Sistema Producto Nacional Ajo. León, Guanajuato, México. 21 p.
- Mostafa H. H.A.; Haiping W.; Xinyan L.; and Xixiang L. (2015). Impact of Genetic Factor and Geographical Location on Allicin Content of Garlic (*Allium sativum*) Germplasm from Egypt and China. *International Journal Of Agriculture & Biology*. 17: 156–162
- Olivares S. E. (2013). Programa de diseños experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. (2009). Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 272p.
- Reveles, H. M.; Velásquez, V. R.; Alvarado, N. M. D. y Rubio, D. S. (2011). "CEZAC 06": nueva variedad de ajo tipo jaspeado para la región norte-centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2:601-606.
- Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R.; Cid-Ríos, J. Á. (2017). Barretero: nueva variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8:1455-1462
- Silvestri V.; Rigoni C.; López F. A.; Togno L. (2007). Asociaciones entre clones y anomalías morfológicas en ajo "tipo colorado" (*Allium sativum* L.). *Rev. FCA UNCuyo*. 39: 43-49
- Viana, J.P.G.; Pires, C.D.J.; Bajay, M.M.; Valente, S.E.D.S.; Pinheiro, J.B.; Zucchi, M.I.; Lopes, C.D.A.; Gomes, R.L.F. (2020). Do the importations of crop products affect the genetic diversity from landraces? A study case in garlic (*Allium sativum* L.). *Genet. Resour. Crop Evol.* 68, 1199–1211
- Zheng S-J.; Kamenetsky R.; Féréol L.; Barandiaran X.; Rabinowitch H. D.; Chovelon V.; Kik C. (2007). Garlic Breeding System Innovations, *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*. 1: 6-15



## ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE PITAHAYA EN MEDIO SÓLIDO Y LÍQUIDO CON ESPECTROS DE ILUMINACIÓN LED

Genaro Pérez Jiménez<sup>1\*</sup>, Giovanna I. Fuentes Escobar<sup>2</sup>, Antonio Martínez Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental San Martinito, Santa Rita Tlahuapan, Carretera Federal Mexico-Puebla Km 56.5, CP 74100. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México - Texcoco km 36.5, Texcoco, Estado de México. CP 56230. \*Autor para correspondencia: perez.genaro@inifap.gob.mx

### Introducción

La fuente de luz tradicional usada en cultivo *in vitro* es de lámparas tubulares fluorescentes (LTFs) (Lin et al., 2011), las cuales, tienen desventajas como alto consumo de energía, baja intensidad y alto poder calorífico por lo cual, generan altos costos en un laboratorio (Yu et al., 2020). Actualmente, la luz LED en ambientes controlados de cámaras de crecimiento de plantas ha demostrado ser eficiente en el desarrollo de los cultivos debido a sus longitudes de onda específicas, bajo consumo energético y mayor vida útil (Araujo et al., 2009).

La pitahaya (*Hylocereus sp.*) tiene una demanda mercantil en constante crecimiento con déficit de producción a nivel mercantil (Ortiz & Carrillo, 2012); debido a que su propagación y crecimiento es lento se ha buscado incrementar la tasa de multiplicación con calidad genética y sanitaria, por ello se ha adoptado la siembra de esquejes, pero esta técnica es lenta y expone a la planta al daño por exceso de humedad y enfermedades (Crane & Balerdi, 2005).

Se ha documentado la multiplicación *in vitro* de las especies *H. undatus*, *H. costaricensis* y *H. polyrhizus* (Mohamed, 2002; Viñas et al., 2012; Hua et al., 2014); sin embargo, no se ha estudiado la interacción entre la consistencia de los medios de cultivo y los espectros lumínicos del cultivo *in vitro* de pitahaya. Por lo anterior, se planteó el objetivo de evaluar en condiciones *in vitro* la consistencia de medio sólido y líquido bajo fotoperiodo de espectros de LED's durante la germinación y desarrollo de plántulas de semillas de pitahaya.

### Materiales y Métodos

El presente estudio se llevo a cabo en el laboratorio de cultivo *in vitro* del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo experimental San Martinito, Tlahuapan, Puebla. El material seminal proviene de la colecta ciclo 2021; la selección de semillas fue de manera visual considerando calidad física con labados frecuentes hasta retirar restos de pulpa.

La preparación del medio de cultivo sólido y líquido fue a concentración de 10 % de sales y vitaminas del medio propuesto por Murashige y Skoog (1962), con 8 g·L<sup>-1</sup> de Phytigel® y algodón como soporte de la semilla respectivamente; el ajuste de pH fue de 5.5 para ambos.



El diseño experimental fue en bloques completamente al azar generalizado con 14 repeticiones por tratamiento, donde los tratamientos corresponden a la combinación entre medios de cultivo (sólido y líquido) y las cámaras de iluminación (60 cm de ancho, 50 cm de altura y 55 cm de profundidad) acondicionadas con paredes de aluminio con focos a 40 cm de la base de centro de cada módulo LED (AKSI<sup>®</sup> 50 mA, 4 W) en espectros de color morado (LM), rojo (LR), azul (LA) y verde (LV) más un testigo en luz fluorescente con una intensidad lumínica de 125, 50, 600 y 50 respectivamente. Las condiciones ambientales durante el manejo del experimento fueron a 19 °C ± 2 con un fotoperiodo de 16 hr de luz y 8 hr de oscuridad.

Se eligieron al azar cinco plántulas por cada tratamiento de 30 días de crecimiento después de la siembra, las variables evaluadas fueron: el peso de biomasa fresca (BF); la longitud del tallo (AT), diámetro del tallo (DT), longitud radical (LR) y longitud entre extremos foliares (LH).

Para el análisis de los datos se comprobaron los supuestos de normalidad por Shapiro Wilks y homogeneidad de varianzas por predichos contra residuales. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por luz LED, medio (sólido y líquido) y la interacción de ambos, y donde se mostraron diferencias estadísticas se realizó una prueba de comparación múltiple de medias por el método Tukey con una significancia del  $p \leq 0.05$  para los datos obtenidos con el programa estadístico SAS 9.4.

## Resultados y Discusión

La germinación en las semillas mantuvo una respuesta similar para los tratamientos sin diferencias estadísticas. La significancia en las variables fisiológicas mostró diferencias altamente significativas en la respuesta al medio de cultivo y solo significativas en BF para los efectos de luz; en la interacción hubo diferencias altamente significativas en AT, RL y LH, significativos en DT y sin significancia para para BF. La variabilidad de respuesta se explica por los efectos de la consistencia de medio de cultivo, y la respuesta por el aprovechamiento de la longitud dentro del fotosistema de las plantas que incide en la producción de biomasa vegetal (Murillo et al. 2016).

La respuesta fisiológica de las plántulas evaluadas mostró que hubo una mayor producción de biomasa fresca cuando el ambiente de crecimiento fue sobre medio sólido y en espectro de luz LED roja (Figura 1), siendo superior a los demás tratamientos. Estudios previos confirman lo anterior, ya que este efecto se había reportado en plántulas de *Paphiopedilum* (Lee et al., 2010) y lechugas (Lee et al., 2016); y en el caso de *Dendrobium officinale* según Lin et al., (2011) se observó el aumento en el peso fresco en brotes cultivados en condiciones *in vitro*. De lo anterior, se ha reportado que la luz roja incrementa la tasa fotosintética de la planta generando mayor producción de biomasa fresca en las plantas expuestas a esta longitud de onda (Mc Cree, 1972).





Aspectos relacionados con el crecimiento de las plantas se modulan por la longitud de onda, dirección, intensidad y duración, mismas que generan señales a través de sus sistemas fotorreceptores, que afectan procesos a nivel celular que impactan en el control del crecimiento, para ello la altura de las plantas para efectos del presente estudio en pitahaya se observó una mayor altura de plántulas en medio sólido con fotoperiodo en espectro luz LED roja. El efecto observado, también fue reportado por Tahera et al. (2019) (en lechuga, espinaca y chiles cunado fueron expuestos solo a led de espectro rojo, a este efecto se le ha nombrado como "shade avoidance".

El medio sólido mostró mejor resultado para el vigor de las plántulas a mejorar el DT, tal como se observó en la respuesta al fotoperiodo en LED morado. Respuesta contraria fue observada para ambos medios de cultivo cuando el fotoperiodo fue por LED rojo (Figura 2), al mostrar un adelgazamiento de las plántulas, efecto similar observado en estudios de arroz con la expresión de plántulas con etiolación haciendo que los tallos sean alargados y débiles.

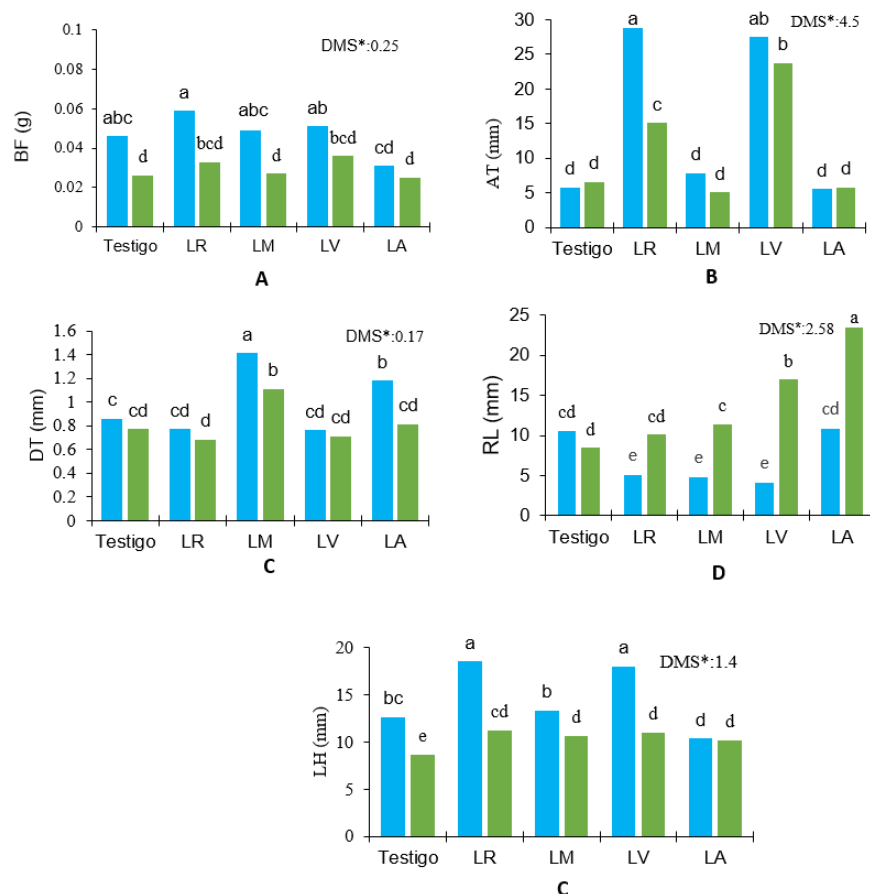


Figura 1. Comparación múltiple de medias de la interacción luz\*medio para la variable Biomasa fresca (BF) (A); Altura de tallo (AT) (B); Diámetro de tallo (DT) (C); Longitud de raíz (RL) (D); Longitud entre hojas (LH) (E) en la evaluación de plántulas de pitahaya.



El medio líquido mostró una respuesta favorable en la longitud de la raíz, de ello que la expansión de la raíz no se limita por la firmeza del medio de cultivo; de ello que en combinación con fotoperiodo en espectro LED azul (24.5 nm) en comparación a los demás tratamientos fue el mejor tratamiento; el efecto se ha atribuido en que el espectro azul led muestra efectos más eficientes a los fotosistemas a nivel enzimático que otros espectros (Lichtenthaler et al., 1980), de este modo que la acumulación de los compuestos fotoelaborados como azúcares y carbohidratos tienden desarrollar de vigor en las plántulas a partir del buen desarrollo radicular de las plántulas.

En la respuesta de las plántulas a la LH se muestra de mejor respuesta en medio sólido, y es atribuible a que las plántulas se mantenían firmes sobre el medio de cultivo y esto mejoraba la captación de luz en la cámara de crecimiento, así mismo, en luz LED de espectro rojo o verde estos valores fueron superiores a los demás tratamientos. En lechuga Kim et al. 2004 demostraron que la mejor área específica fue mostrada en plántulas cuando fueron expuestas a luz verde.

## Conclusión

Se concluye que la germinación *in vitro* aumenta en medio líquido bajo espectro LED morada y roja. El óptimo desarrollo fisiológico de plántulas se dio en medio líquido bajo luz LED roja ya que esta promovió el peso de biomasa fresca, altura de tallo y longitud de hojas. El medio líquido bajo luz LED azul mejora la longitud radicular y la luz LED morada en medio sólido promueve el mayor diámetro de tallo. El cultivo *in vitro* muestra beneficios en la viabilidad y respuestas fisiológicas en el establecimiento de pitahaya.

## Referencias

- Araujo, A. G. de, Pasqual, M., Miyata, L. Y., Castro, E. M. de, and Rocha, H. S. (2009). Light quality in the biometrics and leaf anatomy of *Cattleya loddigesii* L. seedlings (Orchidaceae) micropropagated. *Ciencia Rural*, 39(9), 2506–2511. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782009000900019>
- Crane, J. H., and Balerdi, C. F. (2005). Pitaya Growing in the Florida Home Landscape. Institute of Food and Agricultural Sciences, 1–8. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/hs/hs30300.pdf>
- Hua, Q., Chen, P., Liu, W., Ma, Y., Liang, R., Wang, L., Wang, Z., Hu, G., and Qin, Y. (2014). A protocol for rapid *in vitro* propagation of genetically diverse pitaya. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 120(2), 741–745. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0643-9>
- Kim, H.H., Goins, G.D., Wheeler, R.M. and Sager, J.C. (2004). Green light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue light emitting Diodes. *HortScience* 39(7):1617-1622
- Lee, M. J., Son, K. H., and Oh, M. M. (2016). Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 57(2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s13580-016-0133-6>
- Lee, N. Y., Lee, M. J., Kim, Y. K., Park, J. C., Park, H. K., Choi, J. S., Hyun, J. N., Kim, K. J., Park, K. H., Ko, J. K., and Kim, J. G. (2010). Effect of light emitting diode radiation on antioxidant activity of barley leaf. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 53(6), 685–690. <https://doi.org/10.3839/jksabc.2010.104>
- Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C., Rahmsdorf, U. (1980). The importance of Blue light for the development of sun-type chloroplasts. In: Senger, H. (Ed.), *The blue light Syndrome*. Springer Berlin



- Heidelberg. Berlin, Heidelberg, pp. 485-494.
- Lin, Y., Li, J., Li, B., He, T., and Chun, Z. (2011). Effects of light quality on growth and development of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 105(3), 329–335. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9871-9>
- McCree, K.J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric. Meteorol.* 1972, 9, 191–216.
- Mohamed, Y. (2002). Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 38(5), 427–429. <https://doi.org/10.1079/IVP2002312>
- Murashige, T., y F. Skoog. (1962). "A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures". *Physiol. Plant.*, 15: 473-497. [https://florestal81.webnode.com/\\_files/200000040-03153040fe/07%20Artigo%20MS%201962.pdf](https://florestal81.webnode.com/_files/200000040-03153040fe/07%20Artigo%20MS%201962.pdf)
- Murillo, T. M M., Pedraza, S. M. E., Gutiérrez, R. N., Rodríguez, M. de las N., Lobit, P., Martínez, P. A. (2016). Calidad de la luz y desarrollo *in vitro* de *Oncidium tigrinum* y *Laelia autumnalis* (ORCHIDACEAE). *Agrociencia* 50:1065 -1080.
- Ortiz, Y. D., and Carrillo, J. A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus spp.*): A short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220–237. <https://doi.org/10.14295/cs.v3i4.334>
- Tahera, N.M, Lefsrud, M., Gravel, V., Kalam, A. M.O. (2019). Blue light added with red leds enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment. *Plants*, 8,93 <https://doi:10.3390/plants8040093>
- Viñas, M., Fernández, M., Azofeifa, A., and Jiménez, V. (2012). *In vitro* propagation of purple pitahaya (*Hylocereus costaricensis* [F.A.C. Weber] Britton & Rose) cv. Cebra. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 48(5), 469–477. <https://doi.org/10.1007/s11627-012-9439-y>
- Yu, L. lan, Song, C. mei, Sun, L. jing, Li, L. li, Xu, Z. gang, and Tang, C. ming. (2020). Effects of light-emitting diodes on tissue culture plantlets and seedlings of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 19(7), 1743–1754. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62793-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62793-0)



## **LAS MICORRIZAS TIPO COMERCIAL ASOCIADAS A LOS ABONOS ORGÁNICOS SOLARIZADOS EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE UN HÍBRIDO DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill.), BAJO INVERNADERO EN OTOÑO**

Lucio Leos-Escobedo<sup>1\*</sup>, Mario García-Carrillo<sup>1</sup>, Alejandro Moreno-Reséndez<sup>1</sup>, Eduardo Arón Flores Hernández<sup>1</sup>, Teresa Pérez Pérez<sup>2</sup>, María Elena De la Paz Lozano<sup>2</sup>, Mónica Ivette Pérez Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Carretera y Periférico a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. México. <sup>2</sup>Maestro en Ciencias Egresada. Área de Irrigación. Instituto Tecnológico de Torreón. Tecnológico Nacional de México. Carretera Torreón-San Pedro de las Colonias. Km 7.5. Ejido Ana, Torreón, Coahuila. México. <sup>3</sup>Estudiante del 9º Semestre en la Carrera de Ingeniero Agrónomo General. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Carretera y Periférico a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. México. \*Autor de correspondencia: lleose@yahoo.com.mx

### **Introducción**

En México, el cultivo del Jitomate es de gran importancia y considerado el principal cultivo establecido en una condición de invernadero (Agricultura protegida) con el 70% respecto a la gama de cultivos desarrollados en condiciones protegidas (Juárez-Maldonado *et al.*, 2015). Los cultivos desarrollados bajo este sistema son Jitomate con el 21 %, Pimiento con el 4 %) y Pepino con el 3 % (Pérez, 2017). Una gran ventaja de la agricultura en mención a la agricultura en campo abierto es que en la primera se crea una condición protegida generando un ambiente diferente que le permite proteger el cultivo de las condiciones adversas y dar control a ciertos componentes del clima como la temperatura, el porcentaje de humedad relativa, la radiación, la concentración de CO<sub>2</sub> y la reducción de la evapotranspiración, principalmente (Carrillo *et al.*, 2003).

La importancia para esta hortaliza en particular radica en la demanda que tiene en el mercado local, nacional e internacional, considerada la más rentable. A cielo abierto, se hace más difícil su producción, debido en gran parte a las condiciones ambientales adversas, la incidencia fuerte de insectos-plaga y enfermedades, entre otros ocasionando una reducción en el rendimiento (Álvarez-Hernández *et al.*, 2012). Entre los factores que reducen la productividad y calidad del fruto de Jitomate, se encuentran la falta de polinización, las temperaturas desfavorables para la antesis, la iluminación insuficiente, el exceso o la falta de nutrimentos y el porcentaje de la humedad relativa, ocurriendo que cuando esta es alta, se dificulta la liberación del polen y cuando es baja, se obstaculiza su germinación (Aldana *et al.*, 2007).

Una alternativa para satisfacer la demanda nutricional del cultivo en mención, y con ello disminuir los costos altos de producción y la no dependencia de los fertilizantes sintéticos, es la utilización de materiales orgánicos como son los estiércoles secos solarizados, el vermicompost, entre otros, muy utilizados en la producción hortícola, donde los contenidos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio principalmente determinados en dichos materiales son encontrados en porcentajes bajos pero eficientes (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009).



Diversos estudios han demostrado que las plantas colonizadas con hongos micorrízicos, absorben el Fósforo (P) con mayor eficiencia, además favorecen la absorción de otros minerales, principalmente los menos móviles y los más solubles, por medio de las hifas, que les permiten aportar hasta un 80% del Fósforo (P), un 25% del Nitrógeno (N), un 10% del Potasio (K), un 25% del Zinc (Zn) y hasta un 60% del Cobre (Cu), de los nutrimentos requeridos por la planta (Gurrola *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar seis abonos orgánicos asociados a micorrizas comerciales en la producción de un híbrido de Jitomate bajo una condición de invernadero en el ciclo otoño.

## **Materiales y métodos**

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero de 28 m<sup>2</sup> en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Este trabajo se inició durante el ciclo otoño-invierno del año 2021. La primera actividad realizada fue una caracterización química de los abonos orgánicos (Estiércol Bovino, E. Equino, E. Caprino, E. Ovino, Vermicompost y Compost) en estudio, además de suelo agrícola, mezclados con arena de río en diferentes porcentajes 100:100 (50:50), 75:100 (35:65), 50:100 (25:75) y 25:100 (12.5:87.5), base V/V para cada uno de los materiales orgánicos en mención a nivel laboratorio, actividad desarrollada en el Departamento de Suelos en la institución en mención.

De las mezclas realizadas con los abonos orgánicos más la cantidad de arena de río cribada en malla de 5 mm, se tomó una cantidad de 60 a 70 g y se colocó sobre un embudo plástico el que contenía papel filtro No 40, colocado sobre un vaso de precipitado de 100 mL, enseguida se midieron 150 mL de agua corriente y se fueron agregando a la mezcla depositada sobre el papel filtro hasta obtener una sobresaturación de la misma y coleccionar un filtrado de 70 a 80 mL de extracto. Posteriormente los extractos obtenidos fueron llevados al área de instrumentos de laboratorio, donde se calibró un pHímetro y un conductímetro, determinando en cada una de las mezclas obtenidas su pH y su C.E. De acuerdo a los valores obtenidos se prepararán varias soluciones con agua corriente y ácido cítrico comercial haciendo valoraciones hasta encontrar valores de pH en el rango 6.3 a 6.5 y valores de C.E., en el rango 1.7 a 2.1, expresada en mS cm<sup>-1</sup>. Enseguida se acondicionó el área del invernadero de 36 m<sup>2</sup>, con una limpieza, eliminación malezas en el interior y exterior, rehabilitación de la cubierta plástica y desecho de residuos de trabajos anteriores principalmente. Después se hizo la recolección y el acarreo de los abonos orgánicos. Respecto a la arena de río, esta se obtuvo del lecho seco del río Nazas y cribada en una malla de 5 mm.

Las mezclas de los abonos orgánicos con la arena de río, fue con base a las cantidades de los porcentajes definidos. Se utilizaron bolsas de plástico (Capacidad 15 kg) ya etiquetadas con el tratamiento y repetición correspondiente rellenas a un 75% de la capacidad, enseguida colocadas al interior del invernadero de acuerdo a croquis de distribución. El cultivar de jitomate utilizado fue un híbrido de crecimiento indeterminado. El trasplante se realizó el día 20 de septiembre del año 2021. La inoculación de micorrizas comerciales con dos gramos por planta se hizo al momento del trasplante.



El diseño experimental fue completamente al azar con seis tratamientos de estudio y seis repeticiones por tratamiento para obtener 36 unidades experimentales, cada planta conformó la unidad experimental.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de estudio (2022).

Tratamientos de estudio
1. Estiércol Bovino (12.5%) + Micorrizas + Arena de río (87.5%)
2. Estiércol Equino (35%) + Micorrizas + Arena de río (65%)
3. Estiércol Caprino (50%) + Micorrizas + Arena de río (50%)
4. Estiércol Ovino (50%) + Micorrizas + Arena de río (50%)
5. Vermicompost (12.5%) + Micorrizas + Arena de río (87.5%)
6. Compost (12.5%) + Micorrizas + Arena de río (87.5%)

Los riegos a través de una solución base agua corriente agregando 40 gramos de ácido cítrico comercial por cada 200 litros de agua ajustando el pH a un valor de 6.3 y una C.E., de  $1.7 \text{ mS cm}^{-1}$ . Realizando riegos de 150 mL, 300 mL, 500 mL, 800 mL y 1200 mL por maceta, dividiendo tales cantidades en dos riegos (mañana y tarde). Las variables evaluadas fueron en el rendimiento fueron: Los kilogramos por planta de frutos grandes, los kilogramos por planta de frutos medianos, los kg por planta de frutos pequeños. Los kilogramos por  $\text{m}^2$  de frutos grandes, los kilogramos por  $\text{m}^2$  de frutos medianos, los kg por  $\text{m}^2$  de frutos pequeños. Los kilogramos por hectárea de frutos grandes, los kilogramos por hectárea de frutos medianos, los kg por hectárea de frutos pequeños. En la calidad de fruto: El peso de fruto y el contenido de sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ). La cosecha fue realizada a los 77 días después de trasplante.

## Resultados y Discusiones

**Frutos grandes, medianos y pequeños y totales por planta.** Respecto a los kilogramos por planta de frutos grandes, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística con una prueba de medias Tukey, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2 y 3, presentando el valor medio más alto igual a 0.364 kilogramos de frutos grandes por planta. Para los kilogramos por planta de frutos medianos, el análisis de varianza no presentó significancia estadística. El Tratamiento 5 (Vermicompost (12.5%) + Arena de río (87.5%) + Micorrizas), presentando el valor medio más alto igual a 0.478 kilogramos de frutos medianos por planta. En los kilogramos por planta de frutos pequeños, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2 y 3, presentando el valor medio más alto igual a 0.767 kilogramos de frutos pequeños por planta. En los kilogramos totales por planta, el análisis de varianza no mostró significancia estadística. El Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas), presentó el valor medio más alto igual a 1.269 kilogramos de frutos totales por planta (Cuadro 1).



Cuadro 1. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable kilogramos por planta de frutos grandes, frutos medianos y frutos pequeños. 2022.

Tratamientos de estudio	Frutos grandes	Frutos medianos	Frutos pequeños	Frutos totales
T1 (E. Bovino-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.000 c	0.119 a	0.040 c	0.159 c
T2 (E. Equino-35% + Arena de río-65% + Micorrizas)	0.145 ab	0.235 a	0.177 abc	0.567 abc
T3 (E. Caprino-50% + Arena de río-50% + Micorrizas)	0.056 ab	0.217 a	0.189 bc	0.461 bc
T4 (E. Ovino-50% + Arena de río -50% + Micorrizas)	0.364 a	0.418 a	0.487 a	1.269 a
T5 (Vermicompost-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.219 ab	0.478 a	0.394 ab	1.092 ab
T6 (Compost-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.011 b	0.137 a	0.102 ab	0.251 b
	CV= 16.94%	CV= 15.91%	CV= 21.48%	
	DMS= 37.54	DMS= 26.90	DMS= 19.91	

**Frutos grandes, medianos y pequeños y totales por m<sup>2</sup>.** Para los kilogramos por m<sup>2</sup> de frutos grandes, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística con una prueba de medias Tukey, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2 y 3, presentando el valor medio más alto igual a 1.810 kilogramos de frutos grandes por m<sup>2</sup>. Para los kilogramos por m<sup>2</sup> de frutos medianos, el análisis de varianza no presentó significancia estadística. El Tratamiento 5 (Vermicompost (12.5%) + Arena de río (87.5%) + Micorrizas), presentando el valor medio más alto igual a 1.841 kilogramos de frutos medianos por m<sup>2</sup>. En los kilogramos por m<sup>2</sup> de frutos pequeños, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2 y 3, presentando el valor medio más alto igual a 1.739 kilogramos de frutos pequeños por m<sup>2</sup>. En los kilogramos totales por m<sup>2</sup>, el análisis de varianza no mostró significancia estadística. El Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas), presentó el valor medio más alto igual a 4.532 kilogramos de frutos totales por m<sup>2</sup> (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable kilogramos por m<sup>2</sup> de frutos grandes, frutos medianos y frutos pequeños. 2022.

Tratamientos de estudio	Frutos grandes	Frutos medianos	Frutos pequeños	Frutos totales
T1 (E. Bovino-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.000 c	0.425 a	0.143 c	0.568 c
T2 (E. Equino-35% + Arena de río-65% + Micorrizas)	0.516 ab	0.838 a	0.633 abc	1.987 abc
T3 (E. Caprino-50% + Arena de río-50% + Micorrizas)	0.198 ab	0.774 a	0.675 bc	1.647 bc
T4 (E. Ovino-50% + Arena de río -50% + Micorrizas)	1.300 a	1.492 a	1.739 a	4.532 a
T5 (Vermicompost-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.781 ab	1.710 a	1.407 ab	3.898 ab
T6 (Compost-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.040 b	0.491 a	0.364 ab	0.895 b
	CV= 16.94%	CV= 15.91%	CV= 21.48%	
	DMS= 37.54	DMS= 26.90	DMS= 19.91	



**Frutos grandes, medianos y pequeños y totales por hectárea.** Para los kilogramos por hectárea de frutos grandes, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística con una prueba de medias Tukey, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2 y 3, presentando el valor medio más alto igual a 13,002 kilogramos de frutos grandes por hectárea. Para los kilogramos por hectárea de frutos medianos, el análisis de varianza no presentó significancia estadística. El Tratamiento 5 (Vermicompost (12.5%) + Arena de río (87.5%) + Micorrizas), presentando el valor medio más alto igual a 17,095 kilogramos de frutos medianos por hectárea. En los kilogramos por hectárea de frutos pequeños, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2 y 3, presentando el valor medio más alto igual a 17,391 kilogramos de frutos pequeños por hectárea. En los kilogramos totales por hectárea, el análisis de varianza no mostró significancia estadística. El Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas), presentó el valor medio más alto igual a 45,316.4 kilogramos de frutos totales por hectárea (Cuadro 3).

Cuadro 3. Respuesta de los tratamientos de estudio en la variable kilogramos por hectárea de frutos grandes, frutos medianos y frutos pequeños. 2022.

Tratamientos de estudio	Frutos grandes	Frutos medianos	Frutos pequeños	Frutos totales
T1 (E. Bovino-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	0.000 c	4,248.30 a	1,428.00 c	5,676.30 c
T2 (E. Equino-35% + Arena de río-65% + Micorrizas)	5,158.65 ab	8,377.60 a	6,330.80 abc	19,867.05 abc
T3 (E. Caprino-50% + Arena de río-50% + Micorrizas)	1,983.25 ab	7,735.00 a	6,752.18 bc	16,470.43 bc
T4 (E. Ovino-50% + Arena de río -50% + Micorrizas)	13,002.30 a	14,922.60 a	17,391.14 a	45,316.03 a
T5 (Vermicompost-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	7,812.35 ab	17,095.12 a	14,071.75 ab	38,979.22 ab
T6 (Compost -12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	402.64 b	4,908.30 a	3,641.40 ab	8,952.79 b
	CV= 16.94%	CV= 15.91%	CV= 21.48%	
	DMS= 37.54	DMS= 26.90	DMS= 19.91	

**Calidad del fruto (Peso de fruto y Contenido de sólidos solubles).** Para el peso de fruto, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística con una prueba de medias Tukey, donde el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 5, 2, 3, 7 y 1, presentando el valor medio más alto igual a 72.56 gramos por fruto. Mientras el Tratamiento 1 (Estiércol Bovino (12.5%) + Arena de río (85.5%) + Micorrizas) con el valor medio más bajo igual a 22.33 gramos por fruto.

En el contenido de sólidos solubles (% de azúcares) del fruto, el análisis de varianza mostró alta significancia estadística con una prueba de medias Tukey, donde el Tratamiento 2 (Estiércol Equino (35%) + Arena de río (65%) + Micorrizas) estadísticamente fue igual a los Tratamientos 4, 5, 3, 7 y 1, presentando el valor medio más alto igual a 5.46 azúcares (°Brix) en el fruto. Mientras el Tratamiento 1 (Estiércol Bovino (12.5%) + Arena de río (87.5%) + Micorrizas), con el valor medio más bajo igual a 3.04 azúcares (°Brix) en el fruto (Cuadro4)





Cuadro 4. Respuesta de los tratamientos de estudio en la calidad del fruto (Peso del fruto y contenido de sólidos solubles). 2022.

Tratamientos de estudio	Peso de fruto (g)	Azúcares (°Brix)
T1 (E. Bovino-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	22.33 ab	3.04 b
T2 (E. Equino-35% + Arena de río-65% + Micorrizas)	62.78 a	4.77 a
T3 (E. Caprino-50% + Arena de río-50% + Micorrizas)	57.67 ab	4.33 ab
T4 (E. Ovino-50% + Arena de río -50% + Micorrizas)	70.33 a	4.73 a
T5 (Vermicompost-12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	72.56 a	4.55 a
T6 (Compost -12.5% + Arena de río-87.5% + Micorrizas)	52.89 ab	4.07 ab
	CV= 45.61%	CV= 15.91%
	DMS= 38.33	DMS= 26.90

## Conclusiones

En el rendimiento tanto en los kilogramos por planta, kilogramos por m<sup>2</sup> y kilogramos por hectárea de frutos grandes, frutos medianos y frutos pequeños y frutos totales, sobresalieron el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) y el Tratamiento 5 (Vermicompost (12.5%) + Arena de río (87.5%) + Micorrizas) principalmente.

En la calidad de fruto en el peso del fruto y el contenido de sólidos solubles, sobresalieron el Tratamiento 4 (Estiércol Ovino (50%) + Arena de río (50%) + Micorrizas) y el Tratamiento 2 (Estiércol Equino (35%) + Arena de río (65%) + Micorrizas).

## Referencias

- Aldana, J., J.R. Cure, J.R., Almanza, M.T., Vecil, D., & D. Rodríguez. (2007). Efecto de *Bombus atratus* (*Hymenoptera: Apidae*) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 25(1):62-71.
- Álvarez-Hernández, J.C. (2012). Comportamiento agronómico e incidencia de enfermedades en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertadas. *Acta Agronómica*. 61(2):117-125.
- Carrillo J.C., F. Jiménez, F., Ruiz, J., Díaz, G., Sánchez, P., Perales, C., & A. Arrellanes. (2003). Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*. 14(1): 85-88.
- De la Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M.A., Robledo-Torres. V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., & R. Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*. 25(1):59-67.
- Gurrola, R., J. Natividad, G. J., Santiago, P., J. Díaz, O. J., & D. Martínez. (2013). Biofertilizantes en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Durango, Dgo.8 Pp.
- Juárez-Maldonado, A., K. de A. Romenus, K de A., Zermeño, G. A., Ramírez, H., & A. Benavides M. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(5): 943-954.
- Pérez, R.G. (2017). Comportamiento fenológico y agronómico de la variedad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Sahel bajo condiciones en campo abierto y casa sombra. Tesis. Licenciatura. Torreón, Coahuila México: 95 p.



## EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CONEJOS (*Oryctolagus cuniculus*) NUEVA ZELANDA Y CRUZAS CON GIGANTE DE FLANDES, EN ACULCO ESTADO DE MEXICO

José Ramón Hernández Salgado<sup>1\*</sup>, Tito Santiago Maciel Olmos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Km. 40 Carr. Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Durango, México, \*Autor de correspondencia: jrhernandez@chapingo.urzu.edu.mx

### Introducción

La cunicultura en México es una actividad con información nacional escasa para determinar su importancia económica y social. Su población se desarrolla en el Sistema familiar o de traspatio (80%), Sistema semi industrial (15%) y, Sistema industrial (5%), (SAGARPA , 2012) La producción para carne de conejo se realiza en razas Nueva Zelanda blanco, California, Chinchilla, Mariposa, Satinado rojo, así como empleando algunas líneas como el Azteca negro y criollos, productos de cruzamientos en las granjas. Estas razas son de tamaño medio con pesos adultos que oscilan entre los 4 y 5 kg de peso vivo (SAGARPA , 2012). Los estados que reportaron mayor producción de conejo en el año 2012 son Puebla, Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Jalisco y Estado de México. Sin embargo, las principales empresas productoras de alimentos balanceados especializados para conejos reportan ventas en todo el país, indicando que en todos los estados se realiza cunicultura (SAGARPA , 2012). El Estado de México, es la entidad líder en la producción y consumo de carne de conejo. Se cuenta con un inventario de 45,000 vientres y una producción aproximada de 2,340 ton. de carne, las zonas de mayor producción y comercialización son el oriente abarcando principalmente los municipios de Amecameca y Texcoco; la zona del valle de Toluca, el municipio de Jilotepec y Atlacomulco, destacando que la carne de conejo es 20% más barata que la carne de bovino (Delegación SADER, Estado de México.). Aunque es evidente que la producción de dicha actividad presenta ventajas como: No requiere grandes inversiones, puede ser un negocio familiar, no ocupa amplios espacios y la demanda en el mercado va en incremento; también existe insuficiente conocimiento técnico para impulsar la cunicultura en nuestro país y, con ello representa un área de oportunidad. Se realiza evaluación en el comportamiento de ganancia de peso a través del post destete o periodo de engorde en dos razas puras y una híbrida de conejos en una granja en el Estado de México.

### Materiales y métodos

La evaluación se realizó en las instalaciones de la granja cunícola MACOL en Aculco Estado de México, ubicado en Kilómetro 115 de la carretera México-Querétaro, ubicado entre las coordenadas geográficas 99°49'37" O de longitud y 20°05'54" N de latitud. Este municipio se localiza a una altitud de 2,434 msnm, la región está considerada como una zona de clima semifrío, subhúmedo con lluvias en verano, sin estación invernal bien definida. La temperatura media anual es de 13.2°C con las más bajas por los meses de noviembre a febrero y llegan a bajo cero, ocasionando heladas (Estado de México, 2021).



Los apareamientos se realizaron en base a dos tipos de monta: natural e inseminación artificial. Durante 10 semanas los conejos fueron obtenidos desde el nacimiento hasta la etapa adulta. Se utilizaron las conejas de recría de raza Nueva Zelanda blanco con un peso promedio de 3 kg y diferentes partos, los empadres con machos de la misma raza y con machos Gigante de Flandes con pesos promedios de 6.5 a 7.8 kg. Los conejos se alimentaron después del destete utilizando alimento balanceado Purina "Turbo". Para el presente estudio, se utilizaron 203 gazapos producto de la raza Nueva Zelanda (testigo), 235 gazapos producto de la cruce Nueva Zelanda-Gigante de Flandes y 315 gazapos  $\frac{3}{4}$  Nueva Zelanda  $\frac{1}{4}$  Gigante de Flandes (retro cruce con Nueva Zelanda Puro). Posterior al destete los gazapos fueron ubicados en jaulas con capacidad de 5 conejos del mismo grupo racial. Se empleo covariable de peso al destete para ajustar el crecimiento postdestete, en un diseño experimental completamente al azar, con asignación a las camadas con conejos crías por grupos racial (Steel, 1985)

## Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los coeficientes de variación (CV) con rangos de variabilidad aceptable para experimentos realizados en campo. Así como los niveles de probabilidad de significancia para las características de crecimiento, el grupo racial manifestó efecto altamente significativo ( $P < 0.01$ ) para todas las características en las semanas de crecimiento postdestete, excepto para diferencia de peso vivo por semana. Al considerar los efectos conjuntos de grupo racial y semana de crecimiento se observan efectos significativos ( $P < 0.01$ ) en el mismo sentido para el efecto de semana, la diferencia de peso no presento efecto significativo ( $P > 0.28$ ) así también para la interacción grupo\*semana.

Cuadro 1. Probabilidades de significancia por grupo racial y semana de crecimiento postdestete en conejos de raza pura, cruces y retro cruces de las razas Nueva Zelanda y Gigante de Flandes.

Característica	Grupo racial (G)	Semana (S)	G*S	CV
Kg de Peso vivo individual al destete.	0.001	0001	0.001	5.10
Kg de Peso vivo en 5 semanas postdestete.	0.001	0.001	0.001	2.01
Diferencias raciales de peso vivo/semana.	0.001	0.571	0.286	10.74
Consumo de alimento total /semana	0.001	0.001	0.001	7.06
Consumo promedio de alimento/semana.	0.001	0.001	0.001	13.18
Conversión alimenticia.	0.001	0.001	0.001	16.51
Consumo de agua (Litros/semana)	0.001	0.001	0.001	19.58

El comportamiento productivo y el rendimiento a matanza se describe en el Cuadro 2, destacando que los grupos raciales cruzados mostraron comportamientos más altos tanto en peso semanales como en periodo total de crecimiento postdestete, para ello consumieron más alimento incrementando la conversión alimenticia en los grupos raciales cruzados. De acuerdo con Campos-Hernández (2015), la ganancia media diaria durante la engorda puede variar entre 30 y 50 g/día, si bien son más frecuentes valores de 35 a 38 g/día.



El consumo de agua fue similar ( $P > 0,05$ ) en todos los grupos raciales, ello indica que no existió restricción de agua de bebida y se determina que fue a libre voluntad, comportamiento importante para medir el efecto del consumo de alimento en todos los grupos raciales sin influencia del consumo de agua. La restricción o carencia en agua o la limitación del tiempo en que esta se encuentra disponible da lugar a una disminución de ingesta en alimentos sólidos que, de ser importantes puede limitar rendimientos (PRUD'HON, 1976); (Lebas, 1997). Lo anterior fue reflejado en rendimiento a matanza, donde los grupos raciales de F1, así como la retro cruce mantuvieron similar % de rendimiento en comparación a Nueva Zelanda, debido a que los grupos raciales cruzados en las retro cruces lograron diferencias de 370 g de peso vivo a matanza y 260 g de peso de canal caliente y en F1 con 9 gramos de peso vivo a matanza y 11 gramos de peso de canal caliente con respecto a la raza Nueva Zelanda.

Cuadro 2. Comportamiento productivo y rendimiento a matanza en el crecimiento postdestete en cruce (F1) y retro cruce ( $\frac{3}{4}$  Gigante de Flandes  $\frac{1}{4}$  Nueva Zelanda) en conejos de las razas nueva Zelanda y Gigante de Flandes.

Característica	Grupo Racial		
	$\frac{3}{4}$ Gigante de Flandes	$\frac{1}{2}$ Gigante de Flandes	Nueva Zelanda
	$\frac{1}{4}$ Nueva Zelanda	$\frac{1}{2}$ Nueva Zelanda	Nueva Zelanda
Numero de conejos	135	185	125
<b>1. Comportamiento postdestete</b>			
Kg de peso vivo individual al destete	1.55 <sup>a</sup> ± 0.01	1.48 <sup>b</sup> ± 0.01	1.23 <sup>c</sup> ± 0.01
Kg de peso vivo/camada en 5 semanas	11.76 <sup>a</sup> ± 0.28	11.71 <sup>a</sup> ± 0.24	7.79 <sup>b</sup> ± 0.29
Diferencias raciales de peso vivo/semana	0.22 <sup>a</sup> ± 0.01	0.20 <sup>a</sup> ± 0.01	0.17 <sup>b</sup> ± 0.01
Consumo de alimento (Kg/semana)	3.99 <sup>a</sup> ± 0.07	3.64 <sup>b</sup> ± 0.00	2.98 <sup>c</sup> ± 0.01
Conversión alimenticia	2.87 <sup>a</sup> ± 0.08	2.56 <sup>b</sup> ± 0.08	2.27 <sup>c</sup> ± 0.01
Consumo de Agua (l/semana.)	0.21 <sup>a</sup> ± 0.01	0.22 <sup>a</sup> ± 0.01	0.23 <sup>a</sup> ± 0.01
<b>2. Rendimiento a matanza</b>			
Peso vivo individual (Kg)	2.13 <sup>a</sup>	1.85 <sup>b</sup>	1.76 <sup>b</sup>
Peso en canal (Kg)	1.12 <sup>a</sup>	0.97 <sup>b</sup>	0.86 <sup>c</sup>
Rendimiento de canal (%)	52.59 <sup>a</sup>	52.46 <sup>a</sup>	48.64 <sup>b</sup>

( $P < 0.05$ , Tukey), promedios con la misma letra son efectos medios iguales.



## Conclusiones

Los grupos raciales que mostraron mejor comportamiento productivo fueron los F1 ( $\frac{1}{2}$  Nueva Zelanda  $\frac{1}{2}$  Gigantes de Flandes) así como la retro cruza ( $\frac{3}{4}$  Gigantes de Flandes  $\frac{1}{4}$  Nueva Zelanda, en la etapa de engorde y al sacrificio de los conejos. La mayor rentabilidad se encuentra en los cruces de razas por su mayor conversión alimenticia lo que representa menor costo en alimentación sobre el consumo obteniendo una mayor ganancia neta. La utilización de híbridos en las razas mejora el comportamiento productivo en la etapa postdestete reflejo de su mayor número de animales destetados y finalizados para sacrificio por el comportamiento materno manifestado en la retro cruza (producción de leche en la raza Nueva Zelanda) obteniendo un peso final de 1,90 kg promedio por animal que representa un peso porcentual de un 52% sobre el peso vivo de la raza pura nueva Zelanda con peso promedio de 1,70 kg y un rendimiento en canal a peso caliente mayor de 48%.

## Referencias

- Delegacion SADER, Estado de México. (s.f.). El Estado de México el primer lugar en producción y consumo de conejo. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura%7Cedomex/es/articulos/el-estado-de-mexico-primer-lugar-en-produccion-y-consumo-de-conejo>
- Estado de México. (20 de Julio de 2021). Esatado de México: Aculco. Obtenido de <https://estadodemexico.com.mx/municipio/Aculco/>
- Lebas, F. C. (1997). The Rabbit -Husbandry, Healt and Production. FAO: Animal Production and Health, Series No. 21.
- PRUD'HON, M. (1976). Comportament alimentaire du lapin aux temperatures de 10, 20 et 30 C I. Con. Int. Cunicole.
- SAGARPA . (2012). Impulsan el valor agregado del conejo a fin de aprovechar sus condiciones de carne blanca. baja en grasa y orgánica. Zinatepec, Estado de Mexico .
- SoyMexiquense.com. (22 de 05 de 2012). Aculco, Estado de México. Obtenido de <https://www.soymexiquense.com/edomex/region-ii/aculco/36-aculco>
- Steel, R. y. (1985). Bioestadística: Principios y procedimientos. Bogota,: McGraw-Hill.



## EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO, EL COVID-19, Y OTROS FACTORES CLAVE, EN LA AGRICULTURA DE SECANO DEL NORTE DE MÉXICO

Armando López-Santos\*, Andrés Ríos-Romero

Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km 40 carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, Chih. Dom. Conocido s/n Bermejillo, Dgo. CP 35230. \*Autor de correspondencia: alopez@chapingo.uruza.edu.mx

### Resumen

La agricultura de secano (AS) del Norte de México es una actividad amenazada permanentemente (CENAPRED, 2021); esta podría verse multiplicada como consecuencia de cambio climático (CC), el COVID-19 y otros factores clave (Garutti, Cortiula, and Puglisi, 2020), por lo que la magnitud de sus efectos debe ser evaluada desde lo local (IPCC, 2022). Los objetivos fueron: 1) evaluar el impacto probable del cambio climático en la AS del Norte de México para un horizonte de tiempo cercano (2021-2040); 2) analizar medidas de adaptación que realiza el productor para mantener la AS como una actividad relevante; y 3) relacionar factores externos como son el COVID-19 y la intervención gubernamental para lograr estabilidad sectorial. La Región de Estudio (RE) comprendió municipios del norte de Durango ubicados en la cercanías del Trópico de Cáncer (23.5° Lat Norte); se utilizó el Modelo CanESM5 para un escenario cercano (2021-2040) y dos forzantes radiativos 2.6 y 8.5Wm<sup>-2</sup> (<https://worldclim.org/>) para determinar variaciones de los principales controladores ambientales que determinan el éxito de la AS como son la temperatura y la precipitación pluvial; se aplicaron entrevistas bajo un diseño estratificado al azar, basado en la escala de Likert (1932) para evaluar las medidas de adaptación en un contexto de retos permanentes; se relacionó información contextual relativo a la pandemia del COVID-19 (SINAVE, 2022) para determinar fortalezas y debilidades sectoriales. La RE, para 2021-2040 podría presentar incremento en los promedios anuales de lluvia y temperatura de hasta 25% y 2.1°C, respectivamente, no obstante, una menor disponibilidad de humedad para los cultivos de verano podría presentarse, lo cual es consistente con lo reportado por Monterroso-Rivas, y Gómez-Díaz, 2021); alrededor del 70% de los productores desarrollan estrategias de adaptación que contribuye en el fortalecimiento sectorial. La variación de precios de los insumos, las medidas sanitarias derivadas del COVID-19 y la sequía del 2020 tuvieron un efecto combinado que afectó la dinámica propia de la AS al disminuir la superficie sembrada en una proporción mayor al registrado a nivel nacional. La aridización territorial, combinada con factores externos, plantea situaciones de Emergencia que obliga a los actores, desde lo local, a impulsar intervenciones orientadas mantener vigente la AS basadas en prácticas sustentables.

**Palabras clave:** Zonas áridas, Thornthwaite, adaptación y mitigación, AR6



## Referencias

- Garutti M, Cortiula F and Puglisi F. (2020). Seven Shades of Black Thoughts: COVID-19 and Its Psychological Consequences on Cancer Patients. *Front. Oncol.* 10:1357. doi: 10.3389/fonc.2020.01357
- IPCC, 2022: Climate Change (2022). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Likert R.A. (1932) Technique for the measurements of attitudes. *Archives of psychology*, no.140. New York. Disponible en: [https://legacy.voteview.com/pdf/Likert\\_1932.pdf](https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf)
- Monterroso-Rivas, A. I. y Gómez-Díaz, J. D. (2021). Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México. *Terra Latinoamericana* 39: 1-19. e774. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.774> SINAVE (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica). COVID-19, México: Datos epidemiológicos. Dirección General de Epidemiología, Secretaría de Salud. Consultado (14/10/2022) en: <https://covid19.sinave.gob.mx/>
- Ramirez, S.U.H, A.L.M. Fajardo, A.D.B. Ortiz, & Villaseñor, O.D. . (2022). The Agricultural Sector and Climate Change in Mexico. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 23(3), 19-44. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2022/v23i330222>
- SINAVE (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica). (2022). COVID-19, México: Datos epidemiológicos. Dirección General de Epidemiología, Secretaría de Salud. Consultado (14/10/2022) en: <https://covid19.sinave.gob.mx/>



## COBERTURA VEGETAL A PARTIR DE LA VARIACIÓN DEL RIEGO

Mariana de J. Marcial-Pablo<sup>1\*</sup>, Sergio I. Jiménez-Jiménez<sup>1</sup>, Ernesto Sifuentes-Ibarra<sup>2</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>,  
Jaime Macías-Cervantes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA), Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), Carretera México-Nogales Km. 1609, Juan José Ríos, C.P. 81110, Sinaloa, México. \* Autor de correspondencia: marcial.marianadejesus@inifap.gob.mx

### Introducción

La cobertura vegetal (CV), definida como la proporción de la superficie del suelo ocupada por vegetación verde, es uno de los rasgos estructurales de los cultivos más utilizados y juega un papel importante en el seguimiento del estado de crecimiento de la vegetación y la estimación de los rendimientos de los cultivos (De la Casa et al., 2018). La CV estimada muchas veces se requiere para modelar la productividad de la vegetación y en los estudios relacionados con la superficie terrestre, climatología, hidrología, ecología y la gestión de recursos agrícolas (Prince, 1991). Por ejemplo, la CV es un parámetro clave en el modelo AquaCrop, que se usa ampliamente para simular la respuesta del rendimiento de los cultivos al agua bajo diferentes prácticas de riego y manejo del campo (Hsiao et al., 2009).

La disponibilidad limitada de agua para la agricultura, hacen que el estrés hídrico sea un desafío inevitable y creciente en la agricultura, generando la producción de los cultivos con menos agua y aumentando su productividad. En condiciones de estrés hídrico, excepto por el cierre de estomas y el aumento de la temperatura del dosel (Gerhards et al., 2019), la reducción de la CV también es un síntoma causado por el estrés hídrico (Wang et al., 2015). Por lo tanto, es de gran importancia estimar la CV del cultivo de forma rápida y precisa en diversas condiciones de estrés hídrico o bajo diferentes tratamientos de riego durante las temporadas de cultivo.

En las últimas décadas, con la gran cantidad de datos obtenidos de los sensores remotos y las innovaciones de las tecnologías informáticas y del análisis de imágenes, se han obtenido o recuperado del procesamiento de las imágenes la fracción de la cobertura vegetal durante largos períodos de tiempo y en grandes extensiones geográficas (a una escala regional a global) (Ge et al., 2018). Muchos investigadores han estimado CV empíricamente utilizando datos de detección remota; es decir, primero establecieron un modelo lineal o no lineal que relacionaba la cobertura vegetal medida en el campo con la información de sensores remotos, y luego aplicaron el modelo a un área de estudio (Shoshany et al. 1996).





Recientemente se han utilizado algoritmos de clasificación de imágenes y modelos de redes neuronales para estimar la CV. En un estudio reciente (Niu et al., 2021), se propuso un método de umbral fijo basado en imágenes recopiladas en tres temporadas del cultivo, lo que proporciona una forma precisa y eficiente de estimar la CV del maíz bajo diferentes niveles de estrés hídrico. Con lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar la variación de la cobertura vegetal de un híbrido de maíz a partir de las de riego.

## Materiales y métodos

**Establecimiento del cultivo.** El trabajo se realizó durante el ciclo otoño-invierno (OI) 2020-2021 en el campo experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, en las coordenadas 25° 48' 53" N y 109° 01' 32" O, dentro del distrito de riego 075 Río Fuerte, el cual colinda con los distritos 063 Guasave y 076 Valle del Carrizo. El híbrido de maíz de porte bajo de reciente introducción al mercado se estableció el 23 de diciembre del 2020 con una densidad de siembra de 100,000 semilla ha<sup>-1</sup>, con una separación entre surcos de 0.8 m con longitud de 100 m., manejado con el método de riego por gravedad tecnificado. Previo a la siembra se aplicó un riego de asiento por gravedad para uniformizar la humedad en la zona radical.

Los tratamientos consistieron en la variación del número de riegos; los calendarios de riego evaluados fueron los siguientes: cinco riegos de auxilio (5A), cuatro riegos de auxilio (4A), tres riegos de auxilio (3A) y dos riegos de auxilio (2A), aplicados en las fases fenológicas más sensibles al estrés hídrico de acuerdo a Steduto et al. (2012). Los requerimientos de riego o lámina neta de cada riego de auxilio se estimaron con el programa IRRIMODEL. Las láminas aplicadas o láminas brutas (Lb) se calcularon mediante la relación  $Lb = \text{Volumen aplicado} / \text{superficie regada}$ ; los volúmenes aplicados se tomaron de un medidor ultrasónico Mantaray.



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.



**Obtención de la cobertura vegetal.** Para la evaluación de la CV se obtuvieron imágenes aéreas con el dron eBee y la cámara Parrot sequoia con las bandas del verde (G), rojo (R), borde rojo (REG) e infrarrojo cercano (NIR) y un sensor RGB. Se realizaron ocho vuelos entre las 10:00 y 12:00 horas durante el crecimiento del cultivo. El procesamiento para la obtención de los ortomosaicos se realizó con el software Pix4D.

El IV más utilizados en la agricultura es el índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI). El NDVI ( $(NIR-R)/(NIR+R)$ ) se obtuvo de los ortomosaicos multiespectrales y se calculó empleando el software QGIS.

La CV se estimó usando las imágenes NDVI de cada fecha, para ello se aplicó el método de segmentación basado en umbrales (en cada lote de interés), el cual considera dos etapas; en la primera etapa se obtuvo un valor umbral de la imagen NDVI y en la segunda etapa se aplicó este valor umbral a la imagen. En este caso para obtener el valor umbral de forma automática se usó el algoritmo de umbralización de Otsu-Valley (Hui-Fuang, 2006); los píxeles de NDVI que presentaron un valor mayor al umbral fueron clasificados como “vegetación” mientras que los píxeles con un valor menor al umbral fueron clasificados como “no vegetación”, después de realizar la clasificación de los píxeles con vegetación estos fueron supervisados y en su caso corregidos manualmente. Finalmente conociendo el área con vegetación, se determinó la fracción o porcentaje de la cobertura vegetal para cada lote durante el desarrollo del cultivo como la relación entre el área clasificada con vegetación y el área total delimitada.

## Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestra la clasificación de la vegetación en uno de los lotes analizados, donde al usar el valor umbral del NDVI calculado con el algoritmo de Otsu-Valley se clasifica correctamente el cultivo. Esto se debe a que al aplicar el índice sobre la imagen del lote se presenta un histograma de intensidades unimodal y el algoritmo de Otsu-Valley es más eficiente en este tipo de histogramas (Hui-Fuang, 2006).

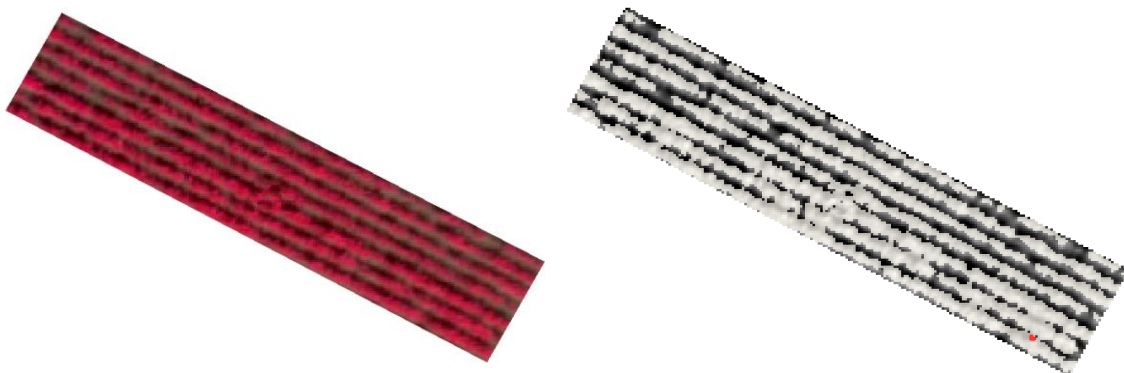


Figura 2. Clasificación de un lote de cultivo (87 DDS).



El valor máximo promedio estimado de la CV fue de 94.5% con 3 y 5 riegos de auxilio al inicio de la floración (VT) a los 108 días después de la siembra (DDS); mientras que el valor máximo de la CV para 2 y 4 riegos se obtuvo a los 137 DDS (Figura 3). A los 125 DDS, la cobertura disminuyó de forma considerable en todos los tratamientos debido a que durante la obtención de la CV algunas plantas presentaban inclinación (acame); si no se hubiera presentado este problema en las plantas posiblemente los valores máximos de la CV para 2 y 4 riegos se alcanzarían a los 125 DDS.

Durante la etapa vegetativa del cultivo los porcentajes más altos de cobertura se obtuvieron con 5 riegos y los más bajos con 2 riego; para el caso de 3 riegos el comportamiento de la cobertura fue similar a la de 5 riegos. En la etapa reproductiva los valores más bajos de CV son con 2 y 5 riegos. En el maíz de grano es importante alcanzar la cobertura completa del dosel, pero evitar el crecimiento excesivo de la vegetación para no reducir el índice de cosecha. Con el análisis anterior las mejores condiciones de desarrollo de la curva CV se presentan con 3 y 4 riegos.

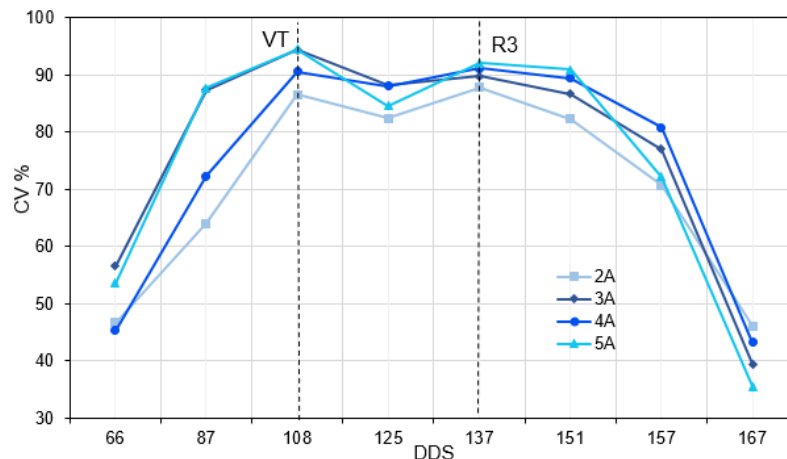


Figura 3. Curva de desarrollo de la cobertura vegetal por tratamiento en riego.

## Conclusiones

En la estimación de la cobertura vegetal de manera automática a través de imágenes aéreas obtenidas con un dron, el índice de vegetación (NDVI) y la selección del valor umbral de forma automática son los factores más importantes y los que definen la precisión de su cálculo.

Los datos obtenidos del porcentaje de la cobertura vegetal (CV) del híbrido de maíz para los cuatro tratamientos analizados indicaron que el comportamiento de la curva CV presenta variaciones a partir de número de riegos, para el caso de 3 y 5 riegos el valor máximo de la CV se obtuvo a los 108 DDS mientras que para los 2 y 4 riegos de auxilio se obtuvo en días posteriores a los 137 DDS; además con 5 riegos la curva CV presenta mayor inestabilidad, lo que no ayudaría en el modelado de otras variables biofísicas dependientes de CV. Las mejores condiciones de la curva CV se presentaron con 3 y 4 riegos de auxilio.



## Referencias

- De la Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Martínez, J., Díaz, G., & Miranda, C. (2018). Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146, 531-547.
- Ge, J., Meng, B., Liang, T., Feng, Q., Gao, J., Yang, S., Huang, X., & Xie, H. (2018). Modeling alpine grassland cover based on MODIS data and support vector machine regression in the headwater region of the Huanghe River, China. *Remote Sensing of Environment*, 218, 162-173.
- Gerhards, M., Schlerf, M., Mallick, K., & Udelhoven, T. (2019). Challenges and future perspectives of multi-/Hyperspectral thermal infrared remote sensing for crop water-stress detection: A review. *Remote Sensing*, 11(10), 1240.
- Hsiao, T. C., Heng, L., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop—the FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. *Agronomy Journal*, 101(3), 448-459.
- Hui-Fuang, N. (2006). Automatic thresholding for defect detection. *Pattern recognition letters*, 27(14), 1644-1649.
- Niu, Y., Zhang, H., Han, W., Zhang, L., & Chen, H. (2021). A fixed-threshold method for estimating fractional vegetation cover of maize under different levels of water stress. *Remote Sensing*, 13(5), 1009.
- Prince, S. D. (1991). Satellite remote sensing of primary production: comparison of results for Sahelian grasslands 1981-1988. *International Journal of remote sensing*, 12(6), 1301-1311.
- Qi, J., Marsett, R. C., Moran, M. S., Goodrich, D. C., Heilman, P., Kerr, Y. H., Dedieu, G., Chehbounj, A. & Zhang, X. X. (2000). Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area. *Agricultural and forest meteorology*, 105(1-3), 55-68.
- Shoshany, M., Kutiel, P., & Lavee, H. (1996). Monitoring temporal vegetation cover changes in Mediterranean and arid ecosystems using a remote sensing technique: case study of the Judean Mountain and the Judean Desert. *Journal of Arid Environments*, 33(1), 9-21.
- Wang, X., Zhao, C., Guo, N., Li, Y., Jian, S., & Yu, K. (2015). Determining the canopy water stress for spring wheat using canopy hyperspectral reflectance data in loess plateau semiarid regions. *Spectroscopy Letters*, 48(7), 492-498.



## **RENDIMIENTO Y CALIDAD DE UN HÍBRIDO DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.), CON ABONOS ORGÁNICOS ASOCIADOS A MICORRIZAS COMERCIALES Y UNA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN CAMPO**

Lucio Leos-Escobedo<sup>1</sup>, Mario García-Carrillo<sup>1</sup>, Alfredo Ogaz<sup>1</sup>, Luz María Ruíz Machuca<sup>1</sup>, Eduardo Arón Flores Hernández<sup>1</sup>, Teresa Pérez Pérez<sup>2</sup>, José Francisco Hernández Moreno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Carretera y Periférico a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. México. <sup>2</sup>Maestro en Ciencias Egresada. Área de Irrigación. Instituto Tecnológico de Torreón. Tecnológico Nacional de México. Carretera Torreón-San Pedro de las Colonias. Km 7.5. Ejido Ana, Torreón, Coahuila. México. <sup>3</sup>Estudiante del 9º Semestre en la Carrera de Ingeniero Agrónomo General. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Carretera y Periférico a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. México. \*Autor de correspondencia: lleose@yahoo.com.mx

### **Introducción**

El chile (*Capsicum annuum* L.), es considerada una hortaliza de gran impacto social en la economía de México, debido a la gran demanda que presenta y considerada una de los principales productos de exportación (Barreto, 2006). México, es considerado el centro de origen, generándose así una gran diversidad de tipos, principalmente la especie *C. annuum* (Aguirre et al., 2017). El chile Jalapeño es uno de los principales tipos de chile que se siembra en México debido a la infinidad de usos que tiene su fruto. La superficie anual que se establece en nuestro país es de 21,215.95 hectáreas (SIAP, 2022). Se usan principalmente materiales híbridos y variedades de polinización abierta (Aguilar et al., 2010). Una fertilización inorgánica proporciona nutrientes que están inmediatamente disponibles para las plantas, observando de inmediato el crecimiento de las mismas. Sin embargo, la pérdida de materia orgánica en suelos agrícolas ha llevado a utilizar de forma más frecuente el uso de los fertilizantes orgánicos como el estiércol bovino, el caprino, el equino, entre otros materiales orgánicos. Éstos continúan mejorando el suelo aún después de que las plantas tomaron los nutrientes requeridos (Hernández et al., 2016). Uno de los abonos orgánicos que ha sido más estudiado en los últimos años es el material orgánico conocido como Compost. Se ha comprobado que los abonos orgánicos mejoran muchas de las características físicas, químicas y de fertilidad del suelo, como la gran cantidad de algunos macronutrientes y micronutrientes, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del Nitrógeno, la aportación de Fósforo y Potasio, favorece valores óptimos de pH, con ellos se fomenta la actividad microbiana del suelo. Estos efectos mejoran suelos agrícolas de las zonas áridas y semiáridas principalmente (Garibay et al., 2001). El término "micorriza" establecido por Frankl, patólogo forestal alemán, en 1877, señala que estas representan la asociación entre algunos hongos (micobiontes) y las raíces de las plantas (fitobiontes). Son consideradas órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbiotes viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces o rizomas) de las plantas terrestres, acuáticas o epífitas. En la asociación, la planta le proporcionará al hongo carbohidratos (azúcares, producto de la fotosíntesis) así como un micro hábitat para completar su ciclo de vida; mientras que el hongo, a su vez, le permitirá a la planta una mejor captación de agua y nutrimentos minerales con baja disponibilidad en el suelo (como el fósforo), así como defensas contra patógenos. (Camargo et al., 2012).



## Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en un área de terreno agrícola de 230.4 m<sup>2</sup> en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Este trabajo se inició durante el ciclo primavera del año 2021. La primera actividad realizada fue la caracterización química de los abonos orgánicos (Estiércol Bovino, E. Equino, E. Caprino, y Compost) en estudio, además de suelo agrícola, mezclados con suelo agrícola en diferentes porcentajes 100:100 (50:50), 75:100 (35:65), 50:100 (25:75) y 25:100 (12.5:87.5), base V/V para cada uno de los materiales orgánicos en mención a nivel laboratorio, actividad desarrollada en el Departamento de Suelos. De las mezclas realizadas con los abonos orgánicos más la cantidad de suelo agrícola, se tomó una cantidad de 60 a 70 g y se colocó sobre un embudo plástico el que contenía papel filtro No 40, colocado sobre un vaso de precipitado de 100 mL, enseguida se midieron 150 mL de agua corriente y se fueron agregando a la mezcla depositada sobre el papel filtro hasta obtener una sobresaturación de la misma y coleccionar un filtrado de 70 a 80 mL de extracto. Posteriormente los extractos obtenidos fueron llevados al área de instrumentos de laboratorio, donde se calibró un peachímetro y un conductímetro, determinando en cada una de las mezclas obtenidas su pH y su C.E. De acuerdo a los valores obtenidos se prepararán varias soluciones con agua corriente y ácido cítrico comercial haciendo valoraciones hasta encontrar valores de pH en el rango 6.3 a 6.5 y valores de C.E., en el rango 1.7 a 2.1, expresada en mS cm<sup>-1</sup>. Enseguida se acondicionó el área agrícola, con la preparación del terreno realizando un subsoleo, un rastreo y bordeo. Se hizo el encalado para establecer los tratamientos de estudio, después con base en cálculos se recolectó y se hizo el acarreo de materiales orgánicos al área correspondiente. Después se realizó una abertura al centro del bordo de alrededor de 18 cm donde se incorporó la cantidad de abono orgánico, el que fue cubierto nuevamente. La actividad siguiente fue la instalación de la cintilla con goteros distanciados a 20 cm. Para la fertilización inorgánica con base en la dosis de fertilización (245 N-162 P-398 K+171 Ca+171 Mg+130 S), empleando Fosfonitrato (32-03-00), MAP (11-52-00), Nitrato de Potasio (12-00-45), Nitrato de Calcio (11.9-00-00+16.0 Ca) y Sulfato de Magnesio (00-00-00+17.5 Mg+ 12.0 S). El cultivar asexual utilizado fueron plantas de chile tipo jalapeño cv "Mixteco", obtenidas éstas del invernadero La Gloria, ubicado por el rumbo de la localidad León Guzmán, Durango. El trasplante se realizó el día 03 de mayo del año 2021. La inoculación de micorrizas comerciales con dos gramos por planta se hizo al momento del trasplante. El diseño experimental fue bloques completos al azar con siete tratamientos de estudio, ocho repeticiones por tratamiento y cuatro bloques para obtener 56 unidades experimentales, cada planta conforme la unidad experimental. Las variables evaluadas en el rendimiento fueron: Los kilogramos por planta, los kilogramos por m<sup>2</sup> y los kilogramos por hectárea. La cosecha se inició a los 77 días después del trasplante. Para obtener el peso de los frutos de chile jalapeño se utilizó balanza digital capacidad 50 kilogramos.



Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de estudio. 2022

Tratamientos de estudio
T1= Estiércol bovino (60 t ha <sup>-1</sup> )
T2= Testigo (Suelo agrícola)
T3= Estiércol caprino (60 t ha <sup>-1</sup> )
T4= Compost (30 t ha <sup>-1</sup> )
T5= Fertilización inorgánica (245 N-162 P-398 K+171 Ca+171 Mg+130 S)
T6= Estiércol equino (60 t ha <sup>-1</sup> ) más Micorrizas
T7= Estiércol caprino (60 t ha <sup>-1</sup> ) más Micorrizas)
T8= Compost (30 t ha <sup>-1</sup> ) más Micorrizas

## Resultados y discusión

**Kilogramos por planta.** En los resultados se encontró que el análisis de varianza realizado en las cinco cosechas, no mostró significancia estadística con una prueba de medias Tukey al 0.05. Sin embargo, el tratamiento 4 (compost/30 t ha<sup>-1</sup>), presentó el valor medio más alto igual a 1.870 kilogramos por planta, mientras el tratamiento 3 (estiércol caprino/60 t ha<sup>-1</sup> sin micorrizas), con el valor medio más bajo igual a 1.268 kilogramos por planta (Figura 1). El tratamiento 5 (fertilización inorgánica) no sobresalió en el rendimiento. El incremento logrado del Tratamiento 4, respecto al Tratamiento 5, fue del 39.13 por ciento.

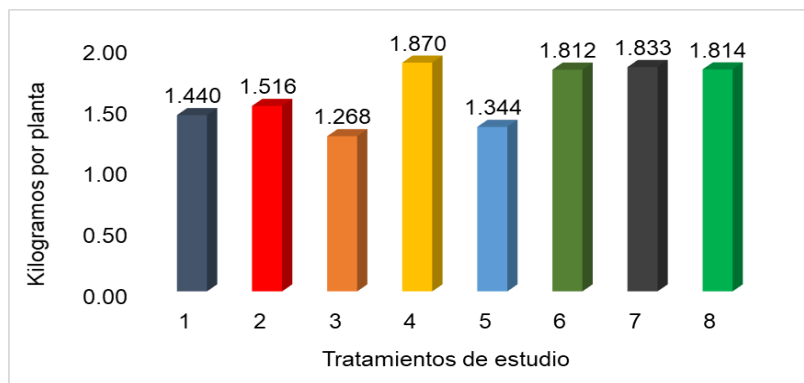


Figura 1. Respuesta de los tratamientos de estudio en el rendimiento expresado en kg planta<sup>-1</sup> en las cinco cosechas realizadas en el cultivo de chile jalapeño. 2022.

**Kilogramos por m<sup>2</sup>.** El análisis de varianza realizado en las cinco cosechas del cultivo de chile jalapeño, no presentó significancia estadística con una prueba de medias Tukey al 0.05. Nuevamente el tratamiento 4 (compost/30 t ha<sup>-1</sup>), presentó el valor medio más alto igual a 5.049 kilogramos por m<sup>2</sup>, mientras el tratamiento 3 (estiércol caprino/60 t ha<sup>-1</sup> sin micorrizas), con el valor medio más bajo igual a 3.423 kilogramos por m<sup>2</sup> (Figura 2). El tratamiento 5 (fertilización inorgánica) no sobresalió en el rendimiento. El incremento logrado del tratamiento 4, respecto al tratamiento 3, fue del 47.50 por ciento.

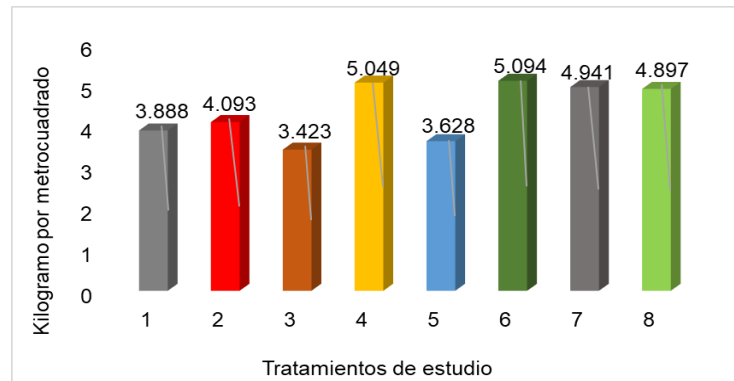


Figura 2. Respuesta de los tratamientos de estudio en el rendimiento expresado en  $\text{kg m}^{-2}$  en las cinco cosechas realizadas en el cultivo de chile jalapeño (2022).

**Kilogramos por hectárea.** El análisis de varianza realizado en las cinco cosechas del cultivo de chile jalapeño, no presentó significancia estadística con una prueba de medias Tukey al 0.05. Nuevamente el tratamiento 4 (compost/ $30 \text{ t ha}^{-1}$ ), presentó el valor medio más alto igual a 50,490 kilogramos por hectárea, mientras el tratamiento 3 (estiércol caprino/ $60 \text{ t ha}^{-1}$  sin micorrizas), con el valor medio más bajo igual a 34,230 kilogramos por hectárea (Figura 3). El tratamiento 5 (fertilización inorgánica) no sobresalió en el rendimiento. El incremento logrado del tratamiento 4, respecto al tratamiento 3 (estiércol caprino/ $60 \text{ t ha}^{-1}$  sin micorrizas), fue del 47.50 por ciento. Mientras que el incremento logrado del tratamiento 4 (compost/ $30 \text{ t ha}^{-1}$ ), respecto al tratamiento 5 (fertilización inorgánica), fue del 39.16 por ciento. El rendimiento obtenido con el tratamiento 5 (fertilización inorgánica), coincide con el rendimiento medio a nivel nacional el que es de 35,200 kilogramos por hectárea. Sin embargo algunos materiales orgánicos estuvieron por arriba de ese valor medio, a excepción de abono orgánico base estiércol caprino presentando un rendimiento medio de 34,230 kilogramos por hectárea.

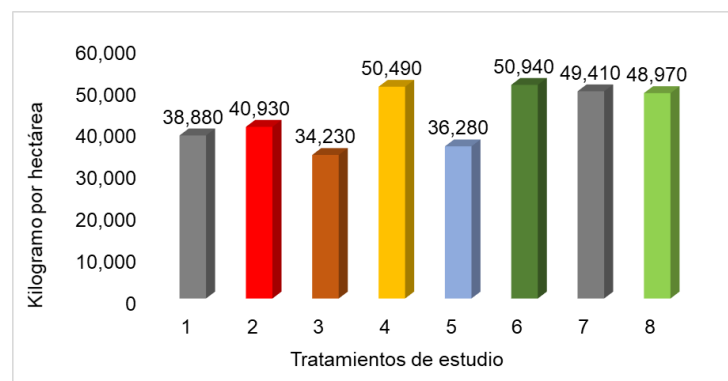


Figura 3. Respuesta de los tratamientos de estudio en el rendimiento expresado en  $\text{kg hectárea}^{-1}$  en las cinco cosechas realizadas en el cultivo de chile jalapeño (2022).





## Calidad del fruto

**Peso de fruto.** El análisis de varianza realizado para el peso del fruto en la cosecha del cultivo de chile jalapeño realizada a los 88 ddt, no presentó significancia estadística con una prueba de medias Tukey al 0.05. El tratamiento 6 (estiércol equino/60 t ha<sup>-1</sup> + micorrizas), presentó el valor medio más grande igual a 47.96 g de peso del fruto, mientras que el tratamiento 5 (fertilización inorgánica), con el valor medio más bajo igual a 31.51 g de peso del fruto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Respuesta de los tratamientos de estudio en el peso del fruto expresado en g fruto<sup>-1</sup> en la cosecha realizada a los 88 ddt en el cultivo de chile jalapeño (2022).

Tratamientos de estudio	Valor de la media	Significancia
T6 (Estiércol equino + Micorrizas)	47.966	a
T7 (Estiércol caprino + Micorrizas)	47.866	a
T3 (Estiércol caprino)	43.894	a
T8 (Compost + Micorrizas)	39.658	a
T2 (Testigo)	38.770	a
T4 (Compost)	38.334	a
T1 (Estiércol bovino)	37.120	a
T5 (Fertilización inorgánica)	31.510	a

DMS= 21.192

**Longitud del fruto.** El análisis de varianza realizado para la longitud del fruto en la cosecha del cultivo de chile jalapeño realizada a los 88 ddt, no mostró significancia estadística con una prueba de medias Tukey al 0.05. El tratamiento 6 (estiércol equino/60 t ha<sup>-1</sup> + micorrizas) presentó el valor medio más grande igual a 10.45 cm de largo del fruto, mientras que el tratamiento 5 (fertilización inorgánica), con el valor medio más bajo igual a 8.93 cm del fruto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta de los tratamientos de estudio en la longitud del fruto expresado en cm, en la cosecha realizada a los 88 ddt en el cultivo de chile jalapeño. 2022.

Tratamientos de estudio	Valor de la media	Significancia
T6 (Estiércol equino + Micorrizas)	10.4500	a
T2 (Testigo)	9.8500	a
T3 (Estiércol caprino)	9.8300	a
T4 (Compost)	9.7600	a
T1 (Estiércol bovino)	9.7400	a
T8 (Compost + Micorrizas)	9.6800	a
T7 (Estiércol caprino + Micorrizas)	9.5800	a
T5 (Fertilización inorgánica)	8.9300	a

DMS= 1.8761

**Diámetro medio.** El análisis de varianza realizado para la longitud del fruto en las cinco cosechas del cultivo de chile jalapeño, no presentó significancia estadística con una prueba de medias Tukey al 0.05. El tratamientos 7(estiércol caprino/60 t ha<sup>-1</sup> + micorrizas), presentó el valor medio más alto igual a 31.04 mm de ancho del fruto, mientras el tratamiento 5 (fertilización inorgánica), con el valor medio más bajo igual a 25.82 mm de ancho del fruto (Cuadro 3).



Cuadro 3. Respuesta de los tratamientos de estudio en el ancho del fruto expresado en mm, en la cosecha realizada a los 88 ddt en el cultivo de chile jalapeño. 2022.

Tratamientos de estudio	Valor de la media	Significancia
T7 (Estiercol caprino + Micorrizas)	31.042	a
T1 (Estiercol bovino)	29.680	a
T3 (Estiercol caprino)	29.574	a
T6 (Estiercol equino + Micorrizas)	29.396	a
T4 (Compost)	28.726	a
T2 (Testigo)	27.880	a
T8 (Compost + Micorrizas)	27.104	a
T5 (Fertilización inorgánica)	25.822	a

DMS= 8.2951

## Conclusiones

En el rendimiento tanto en los kilogramos por planta, kilogramos por m<sup>2</sup> y kilogramos por hectárea, sobresalió el tratamiento 4 (compost/30 t ha<sup>-1</sup>) principalmente, mejor que la fertilización inorgánica.

En la calidad de fruto en el peso del fruto y la longitud, sobresalió el tratamiento 6 (estiércol equino/60 t ha<sup>-1</sup> + micorrizas), mientras que el tratamiento 5 (fertilización inorgánica) no supero a los abonos orgánicos. Finalmente, en el diámetro medio el tratamiento 7 (estiércol caprino/60 t ha<sup>-1</sup> + micorrizas), mejor que el tratamiento 5 (fertilización inorgánica).

## Referencias

- Aguilar, R., V.H., T. Corona T., P. López P., L. Lafournerie M., M. Ramírez M., H. Villalon M., & J.A., Aguilar C. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, ITCOKAL, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Aguirre, M., C.L., G. Iturriaga F., G. Ramírez P., J.G. Covarrubias P., F. Chablé M., & J.C. Raya P. (2017). El chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 5(19):693-704.
- Barreto B., A.P. (2006). Estudio de algunos componentes del comportamiento reproductivo en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 50 p.
- Camargo, R., S.L., M. Montañón N., C.J. Rosa-Mera., & S.A. Montañón A. (2012). Micorrizas: Una gran unión de bajo del suelo. Revista Digital universitaria. 13 (7):01-19.
- Garibay, N., A.B. Murillo A., E. Troyo D., J.A. Larrinaga M., & J.L. García H. (2002). El uso de composta como alternativa para producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Inter Ciencia. 27(8): 417-421
- Hernández T., C. Chocano C., J.L., Moreno., & C. García. (2016). Use of composts an alternative to conventinal inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops-effects on soil and plant. El servier. 160 (22).
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: [https://www.gob.mx/siap/es/articulos/melon-hortaliza-o-fruta?idiom=es]. 26/07/2021.



## PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE *Lotus corniculatus* L., EN RESPUESTA A LA FRECUENCIA DEL CORTE

Perpetuo Álvarez Vázquez<sup>1\*</sup>, Josué Israel García López<sup>1</sup>, Xochilh Ruelas Chacon<sup>1</sup>, Neymar Camposeco Monrejo<sup>1</sup>, Antonio Flores Naveda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México. \* Autor de correspondencia: [perpetuo.alvarez@uaaan.edu.mx](mailto:perpetuo.alvarez@uaaan.edu.mx)

### Introducción

*Lotus corniculatus* L., es una leguminosa perenne, con características sobresalientes sobre otras leguminosas forrajeras. Es resistente al frío, a la sequía, se adapta a suelos pobres en fósforo y con alta concentración de aluminio y magnesio (Vasileva, 2014). No obstante, la luz es uno de los factores que más limita su crecimiento, desarrollo y producción de biomasa. El auto sombreado puede ser usado como una herramienta de manejo de defoliaciones, especialmente en especies herbáceas (Vignolio et al., 2016). Los estudios han mostrado la competencia por luz ocurre después de que el dosel intercepta el 95 % de radiación fotosintéticamente activa (Da Silva et al., 2009). En contraparte, si la cosecha es más frecuente, la producción de forraje potencial se puede reducir, y experimentar limitaciones en la acumulación de materia seca (Da Silva et al., 2009). Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el efecto del manejo de la defoliación, sobre las características del dosel en una pradera de *Lotus corniculatus* L., var. Estanduela Ganador.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en Montecillo, Texcoco, México (19° 29' N y 98° 53' O y 2250 msnm). Clima templado sub-húmedo, con temperatura promedio de 15 °C y una precipitación anual acumulada de 500 mm (García, 2004). Se utilizó una pradera de *Lotus corniculatus* L., var. Estanduela Ganador, establecida el 14 de marzo de 2014, mediante trasplante a 9 plantas m<sup>-2</sup>. La pradera fue dividida en 12 unidades experimentales de 16 m<sup>2</sup>. El estudio abarcó de septiembre de 2015 a septiembre de 2016. Al inicio del experimento (05 de septiembre de 2015), todas las unidades experimentales fueron cortadas a 7 cm. Las parcelas no fueron fertilizadas y regadas cada quince días a capacidad de campo en periodo de estiaje. El suelo presentó una textura franco-arenosa, ligeramente alcalino, con un pH de 7,8. Los tratamientos fueron cuatro intervalos de cosecha: cuando el dosel alcanzó 90 % (90LI), 95 % (95LI), y 100 % (100LI) de luz interceptada y un testigo que fueron cortes dependientes de la estación (otoño 35 d, invierno 42 d, y primavera - verano: 28 días entre cosechas). En todos los tratamientos la altura residual de cosecha fue de 7 cm. El monitoreo de la luz interceptada fue mediante un ceptómetro modelo LP-80 (Decagon Devices, USA). Posteriormente, se cosecharon dos cuadros al azar, de 0.25 m<sup>2</sup> de forraje, por unidad experimental. Del forraje cosechado en fresco, se tomó una sub-muestra del 10 % aproximadamente, que fue separada en hoja, tallo, material muerto, e inflorescencia (composición morfológica), y maleza (composición botánica).



Las muestras cosechadas se deshidrataron a 60 °C hasta peso constante en una estufa de aire forzado, modelo Felisa FE-243<sup>a</sup> y pesados en una balanza analítica. El diseño experimental fue un completamente al azar, y tres repeticiones. Los datos fueron analizados usando el procedimiento PROC GLM del SAS, versión 9.0 (SAS, 2003). Se realizó una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ).

## Resultados y discusión

El rendimiento de forraje (RF) varió entre niveles de luz interceptada (LI), entre estaciones del año y la interacción entre ellos (Cuadro 1). En otoño e invierno no hubo diferencia entre tratamientos ( $p > 0.05$ ) con promedio de 6,002 y 6,468 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En primavera, y acumulado anual, el mayor rendimiento correspondió a los cortes en función de la intercepción luminosa, con promedio de 9,328 kg MS ha<sup>-1</sup>. En verano la mayor producción correspondió al 90 % LI con 9,230 kg MS ha<sup>-1</sup>. Tanto en primavera, verano y anual, la menor producción de materia seca se registró en el tratamiento testigo. En la comparación estacional primavera con un promedio de 8,688 kg MS ha<sup>-1</sup>, supero estadísticamente al resto de las estaciones en 27 %. Al respecto, en el cultivar 202700 de *Lotus corniculatus* L., se ha reportado una menor adaptación a una cosecha de 33 días, promedio anual, en relación con cosechas en función del porcentaje de luz interceptada, lo que produjo 29 % menos materia seca. En primavera, se presentaron tanto temperaturas como precipitaciones favorables al crecimiento de trébol pata de pájaro (Alvarez et al., 2018).

Cuadro 1. Rendimiento de forraje (kg MS h<sup>-1</sup>) del trébol pata de pájaro (*L. corniculatus* L.), variedad Estanzuela Ganador, en función de diferentes criterios de momento de cosecha, en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Estación de año				Anual	EEM
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano		
90LI	6476 Ac	7462 Ab	8728 Aa	9230 Aa	31897 A	301
95LI	6172 Ab	7088 Aab	9293 Aa	6567 Bb	29120 A	881
100LI	6437 Ab	6179 Ab	9964 Aa	6688 Bb	29269 A	1197
Testigo	4922 Ab	5142 Ab	6768 Ba	3708 Cb	20539 B	608
Promedio	6002 b	6468 b	8688 a	6548 b	27706	520
EEM	890	956	692	694	2851	

Medias con letra mayúscula diferente en la misma columna y letra minúscula diferente en la misma hilera son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). EEM: Error Estándar Medio. 90LI: 90 % de luz interceptada, 95LI: 95 % de luz interceptada, 100LI: 100 % de luz interceptada, Testigo: Intervalo de cosecha definidos por estación; en otoño 35 d, invierno 42 d, y primavera - verano 28 días entre cosecha.

En la aportación al rendimiento anual de cada componente morfológico-botánico, la producción de hoja y tallo, fue similar cuando la pradera se manejó bajo el criterio de LI ( $p > 0.05$ ), y superaron al testigo con un porcentaje de aportación promedio al rendimiento total de 54 %. No hubo diferencias en maleza ( $p > 0.05$ ) y en el material muerto fue mayor al 95 y 100 LI.



El efecto del componente, sobre el rendimiento de forraje, muestra que el promedio de hoja aportó mayor cantidad de forraje al rendimiento total, con un 54 % promedio, seguido por el tallo (32 %), material muerto (10 %) y maleza (4 %). Los cambios en la composición morfológica-botánica de las plantas, están relacionados con los cambios en la composición química de estas, de tal manera que, se ha establecido que, a mayor producción de hoja, respecto al resto de los componentes, mayor será la calidad del forraje (Pereira et al., 2015).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) por componente botánico y morfológico de *Lotus corniculatus*, variedad Estanzuela Ganador, en función de diferentes criterios de momento de cosecha, en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Componentes morfológicos				EEM
	Hoja	Tallo	MM	Maleza	
90LI	18089 Aa	9972 Ab	1662 ABc	2173 Ac	730
95LI	15308 Aa	9868 Ab	3197 Ac	748 Ac	974
100LI	15378 Aa	10119 Ab	2740 Ac	1032 Ac	1180
Testigo	12267 Ba	5249 Bb	669 Bd	2355 Ac	567
Promedio	15260 a	8802 b	2067 c	1577 c	579
EEM	1442	1155	634	780	

Medias con letra mayúscula diferente en la misma columna y letra minúscula diferente en la misma hilera son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). EEM: Error Estándar Medio. 90LI: 90 % de luz interceptada, 95LI: 95 % de luz interceptada, 100LI: 100 % de luz interceptada, Testigo: Intervalo de cosecha definidos por estación; en otoño 35 d, invierno 42 d, y primavera - verano 28 días entre cosechas.

## Conclusiones

El mejor manejo de defoliación de trébol *L. corniculatus* L.), variedad Estanzuela Ganador, se manifiestan en los intervalos de cosecha dependientes del porcentaje de luz interceptada, respecto a un criterio de cosecha fijo dependiente de la estación del año. La hoja fue el componente que más aporta al rendimiento de forraje, seguida por el tallo, material muerto y maleza, característica que fue registrada principalmente en la estación de primavera.



## Referencias

- Vasileva V. (2014). Productivity of dry ground and root mass in grass mixtures. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 17(4): 956-969.
- Álvarez V. P., G. De los Santos G., J. de D. Guerrero R., S. I. Mendoza P., M. E. Ortega C. y A. Hernández G. (2018). Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. *Revista Agrociencia*. 52(8):1081-1093.
- Vignolio, O.R., G.S. Cambareri, L.R. Petigrosso, N. Murillo and N.O. Maceira. (2016). Reproductive development of *Lotus tenuis* (Fabaceae) crop defoliated at different times and intensities. *American Journal of Plant Sciences*. 7:1180-1191. DOI: 10.4236/ajps.2016.78113
- Da Silva S. C., A. A. de Oliveira B., R. Aparecida C., M. Castro U., F. Oliveira B., J. Hodgson. J. P. Gomes de M. (2009). Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Scientia Agricola*. 66:8-19. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100002>
- García E. (2004) Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta ed. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México 217 p.
- SAS Institute. (2003). SAS/STAT ® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- Pereira L. E. T., J. Paiva A., V. Geremia E. and C. Da Silva S. (2015). Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass Forage Science* 70:195-204. <https://doi.org/10.1111/gfs.12103>



## QUESOS PETIT SWISSE DIFERENCIADOS: PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR E IDENTIFICACIÓN DE ATRIBUTOS SENSORIALES

Rafael García Vázquez<sup>1\*</sup>; Marco Andrés López Santiago<sup>2</sup>; Ramón Valdivia Alcalá<sup>2</sup>; Blanca Isabel Sánchez Toledano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo-División de Ciencias Económico-Administrativas. Km. 38,5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México. C. P. 56230. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio-Chihuahua km 40. Bermejillo, Durango, México. C. P. 35230. <sup>3</sup>Campo Experimental Zacatecas-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. C.P. 98500. \*Autor de correspondencia: garciarafael154@gmail.com

### Introducción

En los últimos años, se ha observado un aumento progresivo en la incorporación de alimentos funcionales para la dieta diaria. De acuerdo con el Centro de Información Internacional de Alimentos (IFIC) de la Unión Europea los define como el tipo de productos que contienen dentro de sus compuestos propiedades saludables (Biesalski et al., 2011). Por su parte, Barazarte et al. (2015) especifican a estos como aquellos que aportan nutrientes básicos y que además en sus componentes tienen algunos diferenciados que optimizan las funciones fisiológicas de las personas que los consumen. Dentro de los tipos de alimentos funcionales, se hallan los que contienen probióticos, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS) (2006) estos se caracterizan por ser microorganismos que al introducirse en cantidades apropiadas confieren un beneficio para la salud del huésped. Algunos estudios han evidenciado la importancia de incluir en la dieta humana alimentos que contengan probióticos especialmente por el papel que juegan en el decrecimiento del riesgo y el apoyo a diversas enfermedades gastrointestinales (Oliveira y González-Molero, 2016).

En esta dirección, Santamarina-García et al., (2020) señala que los productos lácticos tienen grandes cantidades de probióticos y cuentan con alta presencia en el mercado, entre ellos se destacan las bebidas fermentadas, los yogures y los quesos. Estos resultan llamativos para la creación de nuevas propuestas en relación con alimentos funcionales, a su vez, para su desarrollo, se considera fundamental conocer los atributos sensoriales que los consumidores valoran más, ya que de esto dependerá el éxito que tengan en el mercado. Por todo ello, el presente estudio, se centró en el análisis de los quesos petit suisse, los cuales han demostrado que, al adicionarse con otros productos como la harina de frijol, el salvado de avena o biomasa de frutas, suelen ser una opción que aporta beneficios nutricionales al consumidor (Oliveira et al., 2017; Lima et al., 2021; Dos Reis et al., 2022).

A través de una revisión bibliográfica, fueron establecidos los atributos que son relevantes en estos quesos, mismos que pueden ser considerados para medir la aceptabilidad del consumidor en quesos diferenciados y, por tanto, brindar ventajas de aprovechamiento para la innovación en productos agroalimentarios diversificados.



## **Materiales y métodos**

Con el fin de medir las propiedades sensoriales y determinar la importancia que poseen. El presente estudio consistió en el análisis global de los atributos sensoriales en 25 estudios de caso para evaluar la respuesta que tienen los consumidores. El muestreo fue de tipo no probabilístico a partir del estilo bola de nieve, el cual se basa en la recopilación de información de agentes principales y estos conducen a otros, hasta que las respuestas comienzan a ser repetitivas y no se encuentra información diferente para la investigación (Morone, 2013). Estas investigaciones fueron realizadas entre 2014 y 2022, es decir, el periodo abarcado correspondió a 8 años y sus resultados fueron presentados principalmente en revistas científicas indexadas.

El origen de los casos de estudio fue de países como: México, Brasil, España y Estados Unidos. La diversificación se debe principalmente a que no existe suficiente referencia bibliográfica de los atributos sensoriales en este tipo de quesos para México. De los artículos seleccionados, se analizó que las investigaciones propusieran un queso petit suisse diferenciado, el método utilizado, su enfoque (cualitativo, cuantitativo o mixto), los principales resultados y las conclusiones a las que se llegaron.

En términos generales, este artículo se basó en los procedimientos tradicionales del artículo de revisión, para ello y de acuerdo con Cué et al., (2008) los pasos a seguir fueron los siguientes: a) Definición del tema a estudiar (atributos sensoriales en petit suisse); b) elaboración de un plan de trabajo; c) búsqueda bibliográfica; d) selección y acceso a los documentos; e) análisis y síntesis de la información; f) por último, la redacción del artículo de revisión.

## **Resultados y discusión**

El queso petit suisse ha sido objeto en diferentes estudios, entre los ejes, se encuentran investigaciones realizadas para conocer sus atributos. La textura es una de las propiedades con mayor peso en las evaluaciones sensoriales para este tipo de quesos (De Oliveira et al., 2022), siendo que es un determinante para que nuevos productos diferenciados satisfagan el interés del consumidor en productos nutracéuticos y funcionales (Vukić et al., 2022). Además, las investigaciones que contienen estudios sensoriales para el producto normalmente vienen acompañados de un análisis de perfil de textura, por lo que se deduce, que es de los aspectos de mayor relevancia (Matías et al., 2014; Dos Reis et al., 2021). Sánchez-Obando et al. (2020) por medio de un proceso de producción de queso usando proteína de suero microparticulada determinaron que el petit suisse bajo en grasa mostró puntuaciones de aceptabilidad más altas a través de un análisis sensorial de textura.





En este orden de ideas, Oliveira et al. (2019) encontraron mediante un análisis que incluyó pruebas sensoriales triangulares, grupos focales, dominancia temporal de las sensaciones y de aceptación, además de un cuestionario online, que la textura genera diferentes perfiles sensitivos, aunque no se encuentran diferencias significativas en el petit suisse, se llegó a la conclusión de que tiene buenas aceptaciones y que la textura, así como el sabor son atributos principales diferenciadores. En esta dirección, Lima et al. (2021) a partir de la inclusión de adición del salvado de avena sugieren que ambos atributos son determinantes para su consumo, aquí, se muestran alternativas en la formulación e ingredientes utilizados para estos quesos, los cuales resultan atractivos al mercado a partir de sus beneficios nutricionales al consumidor y la diversificación agroalimentaria. Barrera et al. (2020) a través de la evaluación de un petit suisse saborizado con salsa de aguacate, sugieren que dentro de los atributos que deben evaluarse son los establecidos por Sanchís et al. (2016), aquí, se muestra que el flavor (sabor y aroma), malos olores y el aspecto visual son atributos que deben analizarse. En el análisis, también se recomienda incluir, a la par, estudios de costos, ya que se demuestra que pueden ser un producto con alto potencial de desarrollo e innovación.

Pereira et al. (2016) por medio de un estudio sobre el efecto de la incorporación de antioxidantes en las propiedades químicas, reológicas y sensoriales del petit suisse, hacen uso de las evaluaciones sensoriales teniendo como atributos la apariencia, sabor, aroma y textura, los resultados sugirieron que la percepción del consumidor con respecto a los atributos sensoriales es multidimensional y se debe a las interacciones sabor-aroma y textura al momento de la degustación. La apariencia, sabor, aroma y textura también fueron estudiadas por Da Costa et al. (2020).

Por su parte, Reissig et al. (2020) hallan que al analizar los siguientes atributos: olor, sabor, apariencia, consistencia y apariencia general o aspecto global, se obtienen índices de evaluación superiores al 70%, siendo que en las evaluaciones sensoriales un producto se considera aceptable cuando se tiene un porcentaje igual o superior al mencionado, la muestra obtuvo un índice de aceptabilidad del 91%, calculado a partir de la media del aspecto global, por tanto, se consideró que poseía potencial en el mercado. A partir de los mismos atributos, al elaborarse un petit suisse de piel y extracto de semilla de uva, este presentó una aceptación sensorial del 73% (Turnes et al., 2019). En el caso que presenta De Sousa et al. (2021) todos estos atributos tuvieron más del 70%.

En este tenor, por medio de la aplicación del método de análisis de supervivencia para estimar la concentración óptima de sacarosa en petit suisse probiótico con sabor a fresa, se halló que deben evaluarse los siguientes atributos: apariencia, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general (Esmerino et al., 2015), mismos atributos que son mencionados en Turnes et al. (2019), Reissig et al. (2020) y De Sousa (2021). También, el estudio de Rodrigues et al., (2020) sobre el queso como probiótico con contenido reducido de lactosa sugieren los mismos parámetros para la evaluación sensorial.



Sumado a ello, al analizarse la propuesta de un petit suisse con frutas nativas y realizar una evaluación por color, apariencia, olor, textura, sabor y aceptación global utilizando una escala hedónica, se demuestra que el color también representa una variable importante de estudio, en este caso, las pulpas de las frutas usadas son determinantes en las características del color del producto final y esto puede ayudar al consumidor al relacionar el color del queso con la presencia del fruto (Ramos et al., 2022).

Saíto et al. (2019) registran que el color resulta una variable básica para hacerlo atractivo al consumidor. Aunque, en este estudio también se evaluó el sabor, consistencia, impresión general e intención de compra. Dos Reis et al. (2021) contemplan el color y, además, el sabor, aroma, textura y la impresión global para el desarrollo de un petit suisse con adición de biomasa de plátano verde. Además, otras investigaciones como la de Silva et al. (2018) a través de la propuesta de un queso elaborado de leche de búfalo fermentado sugirieron que el color y textura pueden determinar una mejora en sus características y, por ende, ser una alternativa de derivados lácteos. Por lo que, para estos quesos, ya sea por la inclusión de algún ingrediente diferente en su elaboración o las cantidades de sus componentes, resulta un punto importante de estudio.

El color, sabor, aroma, textura, la evaluación global o general y la intención de compra pueden hallarse en Oliveira et al. (2017) como atributos determinantes, esto es justificado a partir del desarrollo de un queso con harina de chí. De acuerdo con Romano et al. (2020) es un producto con posibilidades sustanciales al mercado de consumo, se identificó que existen diferentes aspectos como el sabor, la composición y el atractivo funcional que necesitan ser explorados por la industria láctea para generar productos más competitivos en el mercado.

En contraste, se hallan investigaciones en donde al proponerse productos diferenciados como la elaboración de quesos con bajos contenidos de lactosa y azúcares solo se hace uso de una evaluación sensorial para determinar si el sabor resulta atractivo para el consumidor (Rodrigues et al., 2018). En Matías et al. (2014) se busca el sabor como componente principal y con escalas hedónicas de 9 puntos para determinar un “me disgusta extremadamente (1)” o “me gusta extremadamente (9)”.

En contraparte, se halla que algunos trabajos tienden a contar con una mayor especificidad. Ejemplo de ello, al analizarse el petit suisse sin lactosa elaborado con leche de oveja, se generó un análisis descriptivo sensorial y mediante sesiones grupales se establecieron descriptores como la apariencia (color, grumosidad, brillo y homogeneidad), sabor y aroma (dulce, fresa y residual) a su vez, la textura (textura, firmeza y cremosidad) (Mattiello et al., 2021). Las propiedades específicas para analizarse en las evaluaciones sensoriales dependerán de los intereses fijados que se busquen evaluar en los quesos.



Para el caso mexicano, se han realizado algunas propuestas con ingredientes diferenciados. Tal es el caso de Rueda-Enríquez et al. (2015) los cuales proponen la incorporación de pulpa de arándano azul, por medio de pruebas afectivas al consumidor, se determinó el gusto del producto por el sabor, sin considerar otros elementos como los ya mencionados, no obstante, se tomaron en atención algunas características diferentes como la etiqueta y el envasado del producto.

Entre los aportes de mayor relevancia, es que el grupo de autores sugieren que el costo representa un determinante que influye en el consumo de este tipo de quesos, a su vez, señala que para atraer al consumidor deben concurrir precios accesibles. Al proponerse el uso de xoconostle como un ingrediente adicionado en la elaboración de estos, se presenta una evaluación sensorial que determinó la aceptación del producto por el sabor, en una escala de 6 a 10 con un “me gusta mucho” obteniéndose una puntuación de 9.38. Así mismo, se presentan algunas opiniones con respecto a la textura del producto (Sánchez et al., 2014). Sobre las características sensoriales del queso sin pasteurizar se han considerado escalas hedónicas para calcular el nivel de agrado y en relación, se ha evaluado la forma, color, textura, aroma, sabor y aceptabilidad general (Vázquez-Velázquez et al., 2017). En el cuadro 1 se resumen los atributos encontrados por los diferentes grupos de investigadores.

Cuadro 1. Atributos encontrados en las diversas investigaciones

Período de referencia	Grupo de autores	Atributos de mayor valoración
2014-2022	Da Costa <i>et al.</i> (2020); De Oliveira <i>et al.</i> (2022); De Sousa <i>et al.</i> (2021); Dos Reis <i>et al.</i> (2021); Esmerino <i>et al.</i> (2015); Lima <i>et al.</i> (2021); Matías <i>et al.</i> (2014); Mattiello <i>et al.</i> (2021); Oliveira <i>et al.</i> (2017); Oliveira <i>et al.</i> (2019); Pereira <i>et al.</i> (2016); Ramos <i>et al.</i> (2022); Reissig <i>et al.</i> (2020); Rodrigues <i>et al.</i> (2020); Romano <i>et al.</i> (2020); Saïto <i>et al.</i> (2019); Sánchez <i>et al.</i> (2014); Sánchez-Obando <i>et al.</i> (2020); Silva <i>et al.</i> (2018); Turnes <i>et al.</i> (2019); Vázquez-Velázquez <i>et al.</i> (2017) y Vukić <i>et al.</i> (2022).	Textura
2014-2022	Barrera <i>et al.</i> (2020); Da Costa <i>et al.</i> (2020); De Sousa <i>et al.</i> (2021); Dos Reis <i>et al.</i> (2021); Esmerino <i>et al.</i> (2015); Lima <i>et al.</i> (2021); Matías <i>et al.</i> (2014); Mattiello <i>et al.</i> (2021); Oliveira <i>et al.</i> (2017); Oliveira <i>et al.</i> (2019); Pereira <i>et al.</i> (2016); Ramos <i>et al.</i> (2022); Reissig <i>et al.</i> (2020); Rodrigues <i>et al.</i> (2018); Rodrigues <i>et al.</i> (2020); Romano <i>et al.</i> (2020); Saïto <i>et al.</i> (2019); Sanchís <i>et al.</i> (2016) y Turnes <i>et al.</i> (2019).	Sabor
2017-2022	Da Costa <i>et al.</i> (2020); De Sousa <i>et al.</i> (2021); Dos Reis <i>et al.</i> (2021); Esmerino <i>et al.</i> (2015); Mattiello <i>et al.</i> (2021); Oliveira <i>et al.</i> (2017); Pereira <i>et al.</i> (2016); Ramos <i>et al.</i> (2022); Reissig <i>et al.</i> (2020); Rodrigues <i>et al.</i> (2020); Sanchís <i>et al.</i> (2016); Turnes <i>et al.</i> (2019) y Vázquez-Velázquez <i>et al.</i> (2017).	Aroma
2015-2022	Barrera <i>et al.</i> (2020); Da Costa <i>et al.</i> (2020); De Sousa <i>et al.</i> (2021); Esmerino <i>et al.</i> (2015); Mattiello <i>et al.</i> (2021); Pereira <i>et al.</i> (2016); Ramos <i>et al.</i> (2022); Reissig <i>et al.</i> (2020); Rodrigues <i>et al.</i> (2020); Romano <i>et al.</i> (2020); Sanchís <i>et al.</i> (2016); Turnes <i>et al.</i> (2019) y Vázquez-Velázquez <i>et al.</i> (2017).	Aspecto visual
2015-2019	De Sousa <i>et al.</i> (2021); Dos Reis <i>et al.</i> (2021); Esmerino <i>et al.</i> (2015); Oliveira <i>et al.</i> (2017); Ramos <i>et al.</i> (2022); Reissig <i>et al.</i> (2020); Rodrigues <i>et al.</i> (2020); Saïto <i>et al.</i> (2019); Turnes <i>et al.</i> (2019); Vázquez-Velázquez <i>et al.</i> (2017).	Aceptabilidad general/global
2017-2022	Dos Reis <i>et al.</i> (2021); Mattiello <i>et al.</i> (2021); Oliveira <i>et al.</i> (2017); Ramos <i>et al.</i> (2022); Saïto <i>et al.</i> (2019); Silva <i>et al.</i> (2018) y Vázquez-Velázquez <i>et al.</i> (2017).	Color
2017-2019	Oliveira <i>et al.</i> (2017) y Saïto <i>et al.</i> (2019).	Intención de compra



En suma, la frecuencia de los atributos hallados en las diversas investigaciones analizadas se expone en la figura 1. Aquí, se observa la incidencia de cada uno, por ende, pueden definirse que las propiedades que son mayormente valoradas oscilan en siete; la textura y el sabor fueron las más relevantes mientras que la intención de compra la de menor valor.

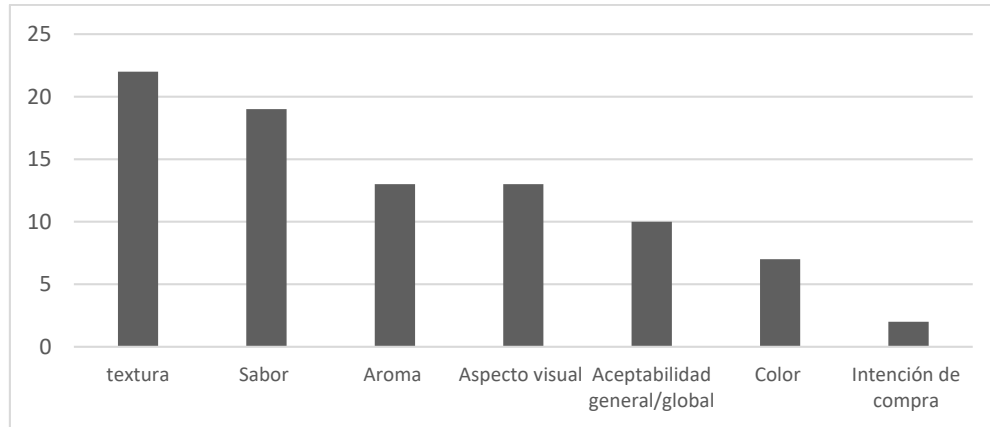


Figura 1. Atributos sensoriales con mayor valoración para quesos petit suisse

## Conclusiones

Actualmente, en el país y para este tipo de quesos existe escasa información bibliográfica en cuestión de investigaciones sobre los atributos sensoriales que son valorados por el consumidor. Entonces, la revisión bibliográfica se vuelve fundamental ya que permite que la investigación y desarrollo siga en ascenso, de manera dual, en el caso específico abordado, se contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional de la población. También, permite aumentar los niveles de productividad y competitividad de las cadenas productivas.

Consecuentemente, la percepción de los consumidores sobre un producto dirige a la importancia que tienen los atributos para el desarrollo de productos innovadores. Por otro lado, se considera la creciente necesidad de que los análisis sensoriales tomen en cuenta la aplicación de metodologías económicas y que estén enfocadas al comportamiento del consumidor como una parte complementaria. Al identificar porqué los consumidores compran o no compran productos, se comprende con mayor amplitud las necesidades y se guía a la industria alimentaria para desarrollar alimentos, por lo que esta información, permite la ampliación de diversas investigaciones (estudios económicos, sensoriales y nutraceuticos) para el queso petit suisse y otros derivados.



## Referencias

- Barazarte, H. E., Sangronis, E., Moreno, I. M., Garmendia, C. A. & Mujica, Y. J. (2015). Laminados de guayaba (*Psidium guajava* L.) enriquecidos con inulina y calcio. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(4), 225-233. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_alan/article/view/21014](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_alan/article/view/21014)
- Barrera, E., Mejía, L. Y., Salazar, L. B., Muñoz, E., González, M. C., Tapiero, C. & López, J. (2020). Elaboración de un queso Petit Suisse saborizado con aguacate Hass. *Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño*, 6(1). <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/3043/4108>
- Biesalski, H. K., Aggett, P. J., Anton, R., Bernstein, P. S., Blumberg, J., Heaney, R. P., Henry, J., Nolan, J. M., Richardson, D. P., Van Ommen, B., Witkamp, R., Rijkers, G. T. & Zöllner, I. (2011). 26th Hohenheim Consensus Conference, September 11, 2010 Scientific substantiation of health claims: Evidence-based nutrition. *Nutrition*, 27(Supl. 10), S1-S20. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.04.002>
- Cué, M., Díaz, G., Díaz, A. G. & Valdés, M. (2008). El artículo de revisión. *Rev Cubana Salud Pública*, 34(4). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662008000400011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000400011)
- Da Costa, E. E., Ferreira, A. C., Ribeiro, V., Bezerra, W. & Guedes, J. M. (2020). *Aceitação sensorial de queijo petit suisse sabor maracujá aceptación sensorial del queso petit suisse sabor a maracujá sensorial acceptance of petit suisse cheese passion fruit flavour*. <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro2021/uploads/868.pdf>
- De Oliveira, L. G., De Sousa, V. M., Costa, M., De Farias, V. L. & Milhome, M. A. (2022). Petit Suisse cheese added açai: characterization and effect of the use of thickeners. *Research, Society and Development*, 11(9). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31917>
- De Sousa, P. B., Guimarães, T. L. F., Da Silva, P. L. & Miranda, E. S. M., Castro, E., Dos Santos, S. M., Mendes, L., Cavalcante, A. B. & Damaceno, M. (2021). Effect of inulin addition on the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics from guava-flavored petit-suisse kefir cheese. *Research, Society and Development*, 10(8). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17139>
- Dos Reis, A. C., Viera, C., Sousa, L., Arruda, A. C. & Azebedo, W. (2021). Desenvolvimento e caracterização de queijo Petit suisse adicionado de biomassa de banana verde com cobertura de calda de maracujá. *Research, Society and Development*, 10(6), 1-11. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15833>
- Esmerino, E. A., Paixão, J. A., Cruz, A. G., Garitta, L., Hough, G. & Bolini, H. M. (2015). Survival analysis: a consumer-friendly method to estimate the optimum sucrose level in probiotic petit Suisse. *Journal of Dairy Science*, 98(11), 7544-7551. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9651>
- FAO & OMS. (2006). *Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation*. <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf>
- Lima, A. P., Souza, J., Teixeira, A. M., Cardoso, M., Ronaldo, L. & Pinto, S. M. (2021). Oat bran and sweeteners in petit-suisse cheese: Technological and nutritional properties and consumer acceptance. *Food Science and Technology*, 146, 111318. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111318>
- Matías, N. S., Bedani, R., Castro, I. A., & Saad, S. M. (2014). A probiotic soy-based innovative product as an alternative to petit-suisse cheese. *Food Science and Technology*, 59(1), 411-417. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.054>
- Mattiello, E. R., Fiel, P., Badia, V., Polmann, G., Bagatini, L., Cavalheiro, D. & Rigo, E. (2021). Effect of fat and thickener on physicochemical, textural and sensory properties of lactose-free Petit-Suisse cheese made from sheep milk. *Brazilian Journal of Development*, 7(9), 94372-94388. DOI: 10.34117/bjdv7n9-549
- Morone, G. (2013). Métodos y técnicas de la investigación científica. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Oliveira, M., Ferreira, M. & Ferreira, J. (2019). A2A2 milk: Brazilian consumers' opinions and effect on sensory characteristics of Petit Suisse and Minas cheeses. *Food Science and Technology*, 108, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.064>
- Oliveira, P., De Paula, K., Leitoguinho, J., Dornelas, A. & Júnior, F. (2017). Desenvolvimento de queijo petit suisse probiótico adicionado de farinha de chia. *Brazilian Journal of Food Research*, 8(3), 71-87. DOI: 10.3895/rebrapa.v8n3.3682
- Oliveira, G. & González-Molero, I. (2016). An update on probiotics, prebiotics and symbiotics in clinical nutrition. *Endocrinología y Nutrición*, 63(9), 482-494. <https://doi.org/10.1016/j.endoen.2016.10.011>
- Pereira, E. P. R., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Silva, R., Guerreiro, L. R. M., Cunha, R. L., Bolini, H. M. A., Meireles, M. A., Faira, J. A. F. & Cruz, A. G. (2016). Effect of incorporation of antioxidants on the chemical, rheological,



- and sensory properties of probiotic petit suisse cheese. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 1762-1772. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9701>
- Ramos, C., Battestin, L., Alves, V., Bergler, T. & Quast, E. (2021). Development of petit suisse Cheese with Native Fruits: Blackberry (*Morus nigra* L cv. Tupy) and Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg). *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 9(3), 89-98. DOI: 10.11648/j.jfns.20210903.14
- Reissig, H., Dos Santos, C. E., Tavares, F., Radatz, P., De Lima, J., Padilha, W. & Fiorentini, Á. M. (2020). Lactobacillus casei CSL3: Evaluation of supports for cell immobilization, viability during storage in Petit Suisse cheese and passage through gastrointestinal transit in vitro. *Food Science and Technology*, 127, 109381. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109381>
- Rodrigues, A., De Oliveira, A. & Bizam, P. C. (2020). Petit suisse probiótico com redução do teor de lactose. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 25431-25440. DOI: 10.34117/bjdv6n5-119
- Rodrigues, I., Almeida, J., Chelini, D. B., Stephani, R., Fernandes, A. Tuler, I. (2018). Obtenção de Petit Suisse com baixo teor de lactose e adição reduzida de açúcares. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 73(1), 43-50. DOI: 10.14295/2238-6416.v73i1.663
- Romano, F., Azevedo, H. L. Sampaio, C. & Sloboda, M. A. (2020). Consumer perception of Petit-Suisse cheese: identifying market opportunities for the Brazilian dairy industry. *Food Science and Technology*, 40(2), 653-660. <https://doi.org/10.1590/fst.38319>
- Saito, T., Martins-Madalão, M. C., Bernardes, P. C., Bosi, M. G., Della Lucia, S. M., Saraiva, S. H. & Silva, I. (2019). Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel extract increases bioactive compounds in petit-suisse cheese. *International Food Research Journal*, 26(1), 277-285. [http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(01\)%202019/\(31\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(01)%202019/(31).pdf)
- Sánchez-Obando, J. D., Cabrera-Trujillo, M. A., Olivares-Tenorio, M. L. & Klotz, B. (2020). Use of optimized microparticulated whey protein in the process of reduced-fat spread and petitsuisse cheeses. *Food Science and Technology*, 120, 108933. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108933>
- Sánchez, M. F., Blancas, J. A., Márquez, M., Lemus, Jiménez, E. & Sánchez-Pardo, M. E. (2014). *Desarrollo de queso tipo petit suisse adicionado con xoconostle (opuntia joconostle)* [póster]. 142. Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de México. <https://pcti.mx/wp-content/uploads/2020/11/PCTI-142-Desarrollo-de-queso-petit-suisse-con-xoconostle.pdf>
- Sanchís, E., González, S., Ghidelli, C., Sheth, C., Mateos, M., Palou, L. & Pérez, M. B. (2016). Browning inhibition and microbial control in fresh-cut persimmon (*Diospyros kaki* 'Rojo Brillante') by apple-pectin-based edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 112(1), 186-193. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1141.38>
- Santamarina-García, G., Fresno, J. M., Virto, M., Amores, G. & Aranceta, J. (2020). La microbiota del queso y su importancia funcional. *Rev Esp Nutr Com*, 26(4), 248-256. DOI: 10.14642/RENC.2020.26.4.5344
- Silva, R. M., Moises, F., Da Silva, J. I., Duarte, R., Pereira, R. & Souza, T. (2018). Elaboração e caracterização física de Petit suisseprebiótico de leite de búfala fermentado com kefir. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, 8(3), 10-14. DOI: 10.17648/enag-2018-91803
- Turnes, C., Inocencio, P., Sousa, J., Gomes, A., Cristina, M. & Granato, D. (2019). Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract: Technological, sensory, and functional properties. *Food Science and Technology*, 115, 108493. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108493>
- Vázquez-Velázquez, R., Salvador-Figueroa, M., Adriano-Anaya, L., DeGyves-Córdova, G., & Vázquez-Ovando, A. (2018). Use of starter culture of native lactic acid bacteria for producing an artisanal Mexican cheese safe and sensory acceptable. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 460-468. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1420694>
- Vukić, D., Iličić, M., Kanurić, K., Vukić, V., Bjekić, M. & Degenek, J. (2022). Textural characteristics and colour of fresh cheese obtained by kombucha inoculum. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 38, 234-237. <https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2022/04/16.-Full-paper-Dajana-Vukic.pdf>



## **HYMENOPTEROS PARASITOIDES ASOCIADOS A PLANTAS ARVENSES DE MAÍZ FORRAJERO**

Guadalupe Rojas Ramírez<sup>1</sup>, Fabian García González<sup>1\*</sup>, Claudio Ríos Velasco<sup>2</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>1</sup>,  
Jaime Sánchez Salas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Ctra. Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Durango, México. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Cd. Cuauhtémoc, Chih., <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: fabiangglez@chapingo.uruza.edu.mx

### **Introducción**

El cultivo de maíz forrajero constituye el principal alimento del ganado bovino principalmente. A nivel nacional la superficie cosechada durante 2020 de este cultivo fue de 586,113.3 ha-1, de las cuales se obtuvo una producción de 167,68431.4 toneladas. Los estados con mayor superficie de este cultivo en orden de importancia fueron Jalisco, Durango Zacatecas, Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Edo. de México, y Querétaro (SIAP, 2022). La Comarca Lagunera es una de las principales cuencas lecheras del país, que requiere forraje verde o ensilado de alfalfa, sorgo y maíz para la alimentación del ganado bovino. De este último cultivo, la superficie cosechada en 2021 fue de 48,733 ha-1, de la cual se obtuvo una producción de 1,090,804 ton., con un valor de producción de \$ 1,768,522,528.00 (El Siglo de Torreón, 2022). La problemática fitosanitaria del maíz incluye principalmente los agentes fitopatógenos, insectos plaga y las plantas arvenses comúnmente llamadas también malezas. Las malezas ocasionan pérdidas directas a la producción agrícola con variaciones regionales muy grandes por su competencia en nutrientes y agua, sin embargo, también contribuyen a la preservación y diversidad de insectos que naturalmente controlan plagas de los cultivos.

### **Materiales y métodos**

Se estableció una parcela experimental, en el Rancho El Carmen de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo ubicada en Bermejillo-Durango, México, con coordenadas geográficas 25° 53' 42.833" latitud Norte y 103° 36' 8.264" de longitud Oeste, a una altitud de 1120 m sobre el nivel del mar. Esta parcela consistió en seis tratamientos incluyendo un testigo. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, distribuidas en un diseño en bloques al azar. Cada Unidad Experimental consistió de cuatro surcos de maíz de 15 m de longitud con una distancia de 0.10 m entre planta, y 0.80 m entre surco, con una densidad de población de 1000 por h.

Cada tratamiento tuvo diferente porcentaje de área con malezas: T0 (100 % Sin maleza), T1 (20 %, 3 metros con maleza), T2 (40 %, 6 m con maleza), T3 (60 %, 9 m con maleza), T4 (80 %, 12 m con maleza) y T5 (100 % con maleza). El maíz sembrado fue el híbrido Hércules, con una densidad de población de 100 000 plantas/h, sin aplicación de insecticidas y de herbicidas.



Para la identificación de las plantas, se tomaron dos ejemplares de cada especie con flor y fruto, se depositaron en prensa botánica para su herborización en el laboratorio, posteriormente se identificaron y registraron en el herbario de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

La colecta de material biológico se realizó a los 25, 50 y 75 días después de la emergencia del maíz. Se utilizó el método de red entomológica para coleccionar insectos en las seis malezas más abundantes. El material biológico colectado se transfirió a una cámara letal para su matado y posteriormente a un recipiente con alcohol al 70 % para su posterior limpieza e identificación para la cual se utilizaron claves e información de Pinto (1998), Bahena, (2008), Gibson et al. (1997), González (2006), Goulet y Huber (1993), Wharton et al. (1998), Gauld y Bolton (1988).

## Resultados y Discusión

**Especies de arvenses identificadas.** Se identificaron 17 especies de plantas arvenses incluidas en 11 familias y estas en 11 órdenes en diferentes etapas del cultivo (Tabla 1). Al inicio, del ciclo del cultivo, la cantidad de plantas arvenses por cada metro cuadrado, varió de 0 a 100 brotes. Las principales malezas fueron: *Amaranthus palmeri* S. Watson, con un 65.5 %; *Solanum elaeagnifolium* Cav., 13.3 %; *Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov., 7.3 %; *Cynodon dactylon* (L.) Pers 5.7 % entre otros. Al realizar el mismo conteo, al final del ciclo, la riqueza y dominancia de arvenses cambió de 8 a 10 plantas. La especie arvense dominante fue *A. palmeri*, con 43.1 %.

Cuadro 1: Especies de arvenses de maíz forrajero 2022

Orden	Familia	Nombre Científico
Asterales	Asteraceae	<i>Helianthus laciniatus</i> A. Gray
Asterales	Asteraceae	<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray
Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson
Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Salsola kali</i> L.
Caryophyllales	Nyctaginaceae	<i>Allionia choisyi</i> Standl.
Capparales	Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i> L.
Cyperales	Poaceae	<i>Chloris virgata</i> Sw.
Cyperales	Poaceae	<i>Setaria adhaerens</i> (Forssk.) Chiov.
Fabales	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia glauca</i> (Ortega) Eifert
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton
Malvales	Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.
Poales	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
Poales	Poaceae	<i>Bouteloua barbata</i> Lag. Var. barbata
Sapindales	Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.
Scrophulariales	Martyniaceae	<i>Proboscidea louisianica</i> (P. Mill.) Thell.
Solanales	Solanaceae	<i>Datura quercifolia</i> Kunth
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.





**Insectos obtenidos de seis especies de arvenses.** Las especies de arvenses que predominaron fueron el quelite *A. palmeri*, toloache *D. quercifolia*, trompillo *S. elaeagnifolium*, hierba amargosa *H. laciniatus*, vervesina, *V. encelioides* y zacate pegarropa *S. adhaerens* de las cuales se colectaron insectos en la etapa de floración por el método de red entomológica. La cantidad de insectos por especie se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Insectos colectados en arvenses durante seis semanas.

Especie	Semanas						Total
	1	2	3	4	5	6	
<i>Amaranthus palmeri</i>	20	79	27	154	125	71	476
<i>Datura quercifolia</i>	17	42	23	63	31	55	231
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	49	99	106	72	168	47	541
<i>Helianthus laciniatus</i>	67	51	105	54	103	53	433
<i>Verbesina encelioides</i>	26	59	19	48	40	21	213
<i>Setaria adhaerens</i>	30	81	46	54	194	65	470
Total	209	411	326	445	661	312	2364

De este cuadro se observa que, en trompillo, quelite, zacate pegarropa y hierba amargosa se colectó la mayor cantidad de insectos. De los 2364 insectos colectados, 267 fueron himenópteros parasitoides de los cuales hasta el momento se han identificado a nivel de familia y representaron el 11.3%. De estos se identificaron 14 familias, de las cuales se obtuvieron la mayor cantidad de ejemplares en Mymaridae con 80, Braconidae 75 y Trichogrammatidae con 43 ejemplares. Las familias con menos ejemplares fueron Scelionidae con 22, Pteromalidae 20, Eulophidae 10, Figitidae 6, Platygastriidae 3, Bethyilidae e Ichneumonidae con 2 cada una, Aphelinidae, Ceraphronidae, Eurytomidae y Encyrtidae con 1 ejemplar. Esta información está muy relacionada a las plagas hospederas de las principales plagas del maíz que se presentaron en este ciclo de cultivo, por ejemplo, los mymaridos parasitan insectos homópteros como chicharritas, los braconidos tienen como hospederos a lepidópteros como el gusano cogollero, gusano soldado en estado larval y los tricogramatidos parasitan lepidópteros en estado de huevo.

Estos resultados contribuyen al conocimiento de la preferencia de los insectos benéficos por algunas especies de arvenses en las cuales pueden obtener alimento y refugio de condiciones climáticas adversas un ejemplo de esto es lo indicado por Salvo y Valladares (2007) refieren que es posible aumentar la acción de enemigos de insectos minadores de hojas a través del manejo del hábitat. Distintos trabajos mencionan la importancia de los parches de malezas, cercanos a los cultivos, como posibles reservorios de parasitoides (Murphy & La Salle, 1999). Por esta razón se ha sugerido que el manejo de malezas y otras plantas en el agroecosistema o en el borde del mismo puede mejorar la disponibilidad de polen y néctar para los enemigos naturales de minadores de hojas (van Melé & van Lenteren, 2002). Otro ejemplo de estos estudios es el realizado durante 2013-2014 en el noreste de Irán en donde se colectaron e identificaron avispa calcidoideas asociadas con plantas de la familia Asteraceae y sus posibles hospederos.



En este estudio se encontraron catorce especies de avispas parasitoides recuperadas de 19 especies de Asteraceae. Estos parasitoides incluyen cinco especies de Eulophidae: *Aprostocetus malagensis*, *Crataepus marbis*, *Hyssopus nigrutilus*, *Pronotalia hungarica*; dos de Eurytomidae: *Eurytoma compressa*, *Eurytoma robusta*; una de Eupelmidae: *Eupelmus vesicularis*; una de Ormyridae: *Ormyrus orientalis*; tres de Pteromalidae: *Pteromalus albipennis*, *Pteromalus* sp., *Sphengigaster nigricornis*; dos de Torymidae: *Pseudotorymus leguminum*, *Microdontomerus annulata*. Cuatro especies, *Aprostocetus malagensis*, *Pronotalia hungarica*, *Pseudotorymus leguminum* y *Sphengigaster nigricornis*, son nuevos registros para la fauna de Hymenoptera de Iran (Pourhaji, et al., 2020).

## Conclusiones

Las plantas arvenses brindan refugio a los insectos benéficos, pero se debe de elegir aquellas especies que compitan lo menos posible con el cultivo de maíz, por lo que se sigue continuando con los estudios para determinar aquellas que no afecten significativamente la producción de maíz. El presente estudio en el trompillo, quelite, zacate pegarropa y hierba amargosa de colectó la mayor cantidad de insectos en la etapa de floración las cuales pueden ser prometedoras como alimento y reservorio de parasitoides.

## Referencias

- Bahena, F. (2008). Enemigos Naturales de las Plagas Agrícolas Del maíz y otros cultivos. Libro Técnico Núm. 5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 184 p.
- El Siglo de Torreón. (2022). Resumen Económico 2021 Sector Agroalimentario. p. 26.
- Gauld I. and B. Bolton (Eds). (1993) *The Hymenoptera* [1993 Los himenópteros] *Oxford University Press*. ISBN 0-19-858521-17 332 p.
- Gibson, G. A. P., Huber, J. T., and Woolley, J. B. (Eds). (1997). Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). [Claves comentadas de los géneros de Chalcidoidea neártico (himenópteros)] NRC Research Press. 794 p.
- González H. A. (2006). Principales familias de Hymenoptera-parasitica. In: Memorias del Primer taller sobre determinación de especies de Trichogramma mediante morfología y técnicas moleculares. Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N.L. s/p
- Goulet H. and J.T. Huber (Eds). (1993). Hymenoptera of the world: An identification guide to families [Himenópteros del mundo: una guía de identificación para las familias]. Research Branch Agriculture Canada Publication 1894/E. 666 p
- Murphy, S.T. and J. LaSalle. (1999). Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza leafminers* in field vegetables crops. *Biocontrol News and Information* 20:91-104.
- Pinto, J. D. (1998). Systematics of the North American species of Trichogramma Westwood Hymenoptera: Trichogrammatidae [Sistemática de las especies norteamericanas de Trichogramma Westwood Hymenoptera: Trichogrammatidae]. En *Memoris of the entomological Society of Washington* 22 pág. 287



- Pourhaji, A., Lotfalizadeh, H., Farshbaf-Pourabad, R. and B. Gharali. (2020). Parasitic wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea) associated with flower-heads of Asteraceae in Iran. *Biología*. 75(4): 547-565.
- Salvo, A. and G. R. Valladares. (2007). Parasitoides de minadores de hojas y manejo de plagas. *Ciencia e investigación Agraria*, 167-185.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola 2020. Consultado <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Van Mele, P., and J.C. van Lenteren. (2002). Survey of current crop management practices in a mixedricefi field landscape, Mekong Delta, Vietnam potential of habitat manipulation for improved control of citrus leafminer and citrus red mite. *Agr. Ecosys. Environ.* 88:35-48.
- Wharton, A. R., P. M. Marsh y M. J. Sharkey. (1998). Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del Nuevo Mundo. The International Society of Hymenopterists. Washington, DC 447 p.



## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA OCURRENCIA DE *Fusarium* spp., EN UN SUELO CULTIVADO CON *Agave tequilana* WEBER VAR. AZUL.

Karen Bautista-Velasquez.<sup>1</sup>, Miguel A. Segura-Castruita<sup>1\*</sup>, Juan F. Gómez-Leyva<sup>1</sup>,  
Laura V. Hernández-Cuevas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Programa de Maestría en Ciencias en Agrobiotecnología, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Km 10, Carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco 45640, México. \*Autor de correspondencia: dmily5@hotmail.com

### Introducción

El agave azul (*Agave tequilana* Weber var. Azul) es la materia prima con la que se elabora Tequila, bebida apreciada en México y a nivel mundial. Este agave se cultiva en la región con Denominación de Origen del Tequila (DOT), que comprende diferentes municipios en varios estados, como Jalisco (126), Michoacán (30), Tamaulipas (11), Nayarit (8), Guanajuato (7) y Tamaulipas; donde, Jalisco contribuye con el 90% de la producción (González et al., 2007). No obstante, existe una seria limitante para la producción de *Agave*, la enfermedad denominada “marchitez del agave” o “pudrición del tallo”. De acuerdo a reportes del Consejo Regulador del Tequila A.C., dentro de la zona autorizada para la siembra de *A. tequilana*, en 2008 no existían regiones libres de esta enfermedad; de tal manera que, en zonas como Cienega, Centro y Tequila, en el estado de Jalisco, su incidencia alcanzó hasta el 40% del total de plantas establecidas.

El microorganismo vector de la enfermedad marchitamiento vascular en *Agave* es *Fusarium oxysporum*, el cual destruyó el 35% de la cosecha de agave azul en México, generando pérdidas económicas sustanciales para los agricultores y aumentando la aplicación de fungicidas para controlar la enfermedad (Gómez-Ortiz et al., 2011; Ávila-Miranda et al., 2012; Vega-Ramos et al., 2013). Este hongo se encuentra en el suelo e incluye a un gran número de aislados responsables de causar síntomas de marchitez y pudrición en diferentes especies de plantas (Dean et al., 2012).

La dispersión de *Fusarium* spp. en el suelo depende de varios factores como la temperatura, humedad, tamaño de las partículas del suelo y los microcanales producidos por la actividad de artrópodos del suelo y animales. Sin embargo, se ha establecido que, la principal vía de dispersión es mediante la movilización de material vegetal propagativo infectado (Flores et al., 2010). No obstante, la presencia del patógeno en los suelos en ocasiones se manifiesta en el agave como una enfermedad y en otras ocasiones no; de tal manera que, hasta el momento existe escasa información del por qué sucede este fenómeno.



Las características físicas (textura) y químicas (pH, materia orgánica, salinidad, etc.) del suelo, influyen sobre la presencia de los microorganismos del suelo; por ejemplo, en suelos ácidos la cantidad de hongos es más grande que las bacterias, en cambio en suelos alcalinos las bacterias son más abundantes; si además, la variación del pH en el suelo depende de características del suelo como el tamaño de partícula, el contenido de materia orgánica e incluso de algunos factores como la pendiente, el clima, el material parental, así como la actividad antropogénica por el manejo del suelo, entonces es probable que la distribución espacial de *Fusarium oxisporum* se relacione con algunas de las características del suelo si se mantienen constantes el resto de los factores; de tal manera que podría establecerse la distribución de la probabilidad de ocurrencia del hongo en una parcela y a su vez de la marchitez del agave. Por tal motivo, los objetivos de esta investigación fueron determinar las características físicas o químicas que influyen en la presencia del *F. oxisporum* y obtener el mapa de probabilidad de ocurrencia de la marchitez temprana del agave en un suelo del área con denominación de origen.

## Materiales y métodos

Área de estudio: El estudio se realizó en una parcela cultivada con *Agave tequilana* de tres o cuatro años de trasplantada. La parcela se localizó en el municipio de Amatitán, Jalisco. La geología del lugar consta de rocas ígneas extrusivas del Terciario y aluviones del Cuaternario reciente dentro de la provincia fisiográfica Eje Neo-volcánico. Las rocas predominantes son tobos, que ocupan el 35.1% de la superficie, basaltos (28.6%), andesitas (6.7%), rocas vítreas (2.7%) y otras rocas (2.3%); mientras que, los aluviones, compuestos de partículas finas y piroclástos (< 4 mm de diámetro), se encuentran en el 25.6% del municipio (Gobierno del estado de Jalisco, 2018).

Esta zona tiene un clima semi-cálido con lluvias en verano [(A) C(wo)] (García, 2004), con una temperatura media anual de 19.3 °C; mientras que, sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 28.6 y 10.1 °C, respectivamente. La precipitación media anual es de 782.7 mm (SMN, 2015); con una evapotranspiración de 1857.8 mm. La vegetación está compuesta por mezquites, matorrales y bosques de pino-encino. Los suelos están constituidos por Cambisoles, Feozem, Luvisoles, y Vertisoles. El uso del suelo es predominantemente agrícola; el maíz es el cultivo principal (49.4%, de la superficie). Aunque también se siembra en condiciones de temporal, en menor proporción, hay aprovechamientos con "punta de riego" y humedad residual (IIEG-Jalisco, 2018). El estudio constó de cuatro etapas, las cuales se describen a continuación.

1. Muestras de la capa superficial (0-30 cm) de diferentes puntos dentro de la parcela (dos kilogramos aproximadamente) seleccionada, se obtuvieron con un muestreo sistemático, considerando puntos potenciales de muestreo la ubicación de los agaves, a una distancia de las plantas de 30 cm al noreste respecto la planta. Un total de 50 muestras se colectaron, considerando 25 agaves sanos y 25 agaves enfermos. Aparte, se colectó una porción de raíz (10 cm de longitud), la cual se colocó en una bolsa de plástico.



Las muestras de suelo y raíz se transportaron al laboratorio de suelos y de biología molecular del Instituto Tecnológico de Tlajomulco. Cada sitio se georreferenció con un GPS marca Garmin Etrex. Asimismo, se realizó una entrevista al productor dueño de la parcela, para establecer la presencia o ausencia de enfermedad en las plantas de agave muestreadas.

2. análisis de laboratorio: En el laboratorio de suelos se realizaron determinaciones físicas y químicas de las muestras de suelo, de acuerdo a la Norma Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), las determinaciones fueron: pH, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables y solubles; densidad aparente (método de la parafina); determinación del tamaño de partículas elementales (método de la pipeta), con el fin de establecer las relaciones que estos parámetros tienen con el contenido de carbono en los suelos.

En el laboratorio de biología molecular, en las muestras de raíz se determinó la presencia de *Fusarium o.* al realizar lo siguiente, las muestras de raíz de agave se lavaron con agua destilada esterilizada, para eliminar residuos de suelo y materia orgánica adherido al tejido posteriormente se cortaron trozos del borde de avance de la lesión de 2 cm. del área dañada y de la parte sana del mismo trozo, se desinfectaron con hipoclorito de Sodio al 1% durante un minuto, después se enjuagaron los trocitos con agua destilada para eliminar el desinfectante y se sembraron en medio de cultivo PDA (papa dextroz agar), cinco trozos por caja Petri. Se incubaron a una temperatura 25 °C por espacio de 5 días, revisándose diariamente para observar el desarrollo del patógeno, el hongo se identificará mediante las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1972).

3. Establecimiento de relación de variables edáficas y presencia de enfermedad causada por *Fusarium o.*: Se elaboró una base de datos con las georreferencias de cada punto muestreado, los valores de las características edáficas y la presencia o ausencia de *Fusarium*. Una regresión lineal multivariada paso a paso se llevó a cabo para establecer las variables que tienen mayor influencia en la incidencia del hongo y en consecuencia de la enfermedad, las características edáficas serán las variables independientes y la presencia de *Fusarium o.* la variable dependiente. Posteriormente se realizará una regresión logística para determinar el porcentaje de ocurrencia del hongo, en función de las características físicas y químicas del suelo, primero con el total de las variables y posteriormente con las que tuvieran mayor influencia.

4. Se establecerá la distribución espacial de la probabilidad de ocurrencia de *Fusarium o.*, mediante el Kriging con el SIG ArcGIS 10.1© con los datos de probabilidad de coordenadas de cada punto de muestreo. La verificación de la precisión del mapa se realizará al seleccionar diez puntos que serán distribuidos al azar en los mapas temáticos en formato digital. Las coordenadas se registrarán en un GPS marca Garmin Etrex y se realizará un recorrido a cada punto de verificación, donde se coleccionarán muestras de suelo a las que se les determinará la presencia de *Fusarium o.* y la enfermedad en las plantas de agave.



## Resultados y discusión

De las muestras de tallo de plantas enfermas, se aislaron cinco cepas; las cuales, por sus características morfológicas, dos corresponden a *F. solani* y tres a *F. oxysporum*, indicando la presencia del hongo. Las muestras de suelo presentaron variaciones de pH de 4.43 a 5.17 relacionado a fuertemente ácido, las texturas corresponden a franco arcillosas y arcillosas, con un contenido mayor al 3.6% de MO. La CE es menor al  $0.84 \text{ dSm}^{-1}$ , indicando suelos no salinos, según la clasificación de la norma <sup>(2)</sup>. Los resultados obtenidos de acidez del pH y texturas arcillosas concuerdan con lo encontrado por García et al. (2017) para la ocurrencia de *Fusarium*. Falta por establecer las relaciones entre las características físicas y químicas de los suelos y la presencia o ausencia de la enfermedad, así como la cartografía de la probabilidad de ocurrencia de la misma.

Los resultados de presencia del hongo en función de las características químicas del suelo, indican que el contenido de fósforo, la conductividad eléctrica y el pH influyen la presencia de *Fusarium*. Aun cuando, estos datos indican alguna tendencia, es claro que, aún no son concluyentes; ya que, falta por analizar estadísticamente los datos y someterlos a métodos estadísticos para definir los modelos que se utilizarán para establecer la probabilidad de ocurrencia. Aparte falta también la cartografía de esta distribución.

## Conclusiones

Se logró el aislamiento de cinco cepas de *Fusarium* spp., y la determinación de las variables físicas del suelo. Resta determinar el modelo de probabilidad de ocurrencia de acuerdo con las variables que se relacionan con la incidencia de la marchitez del agave.

## Referencias

- Ávila-Miranda, M.E., León-Campos C., Peña-Cabriales, J.J., Rodríguez-Mendiola, M.A., Mancilla-Margalli, N.A., González-Pérez. F., Arias-Castro, C. 2012. Genetic diversity and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum* cause of wilt symptoms in agave (*Agave tequilana* Weber var. azul). *Gayana Botánica*, 69: 40-48
- Dean, R., Van Kan, J.A.L., Pretorius, Z.A., HammondKosack, K.E., Di Pietro, A., Spanu, P.D., Rudd, J.J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., Foster, G.D. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13: 414-430.
- Flores, L.H.E., Ireta, M.J., Ruíz, C.J.A. 2010. Tecnología para la prevención y/o control de la marchitez del agave tequilero en Jalisco. Folleto técnico núm. 2 Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México. 36 pp.
- García-Martínez, C., López-Bautista, V., Bustamante-Martínez V., Acevedo-Sánchez, G., Mora-Aguilera, G., 2017. *Rev. mex. fitopatol* [online], vol.35, n.180, pp.182-183.
- Gómez-Ortiz, P., Sánchez-Arizpe, A., Virgen-Calleros, G., Carvajal-Cazola, C.R., Padrón-Corral, E. 2011. Incidencia y severidad de la marchitez del Agave tequilana Weber var. azul en la zona sur del Estado de Nayarit, México. *Agraria*, 8: 21-25.



- González H., H., J. I. Del Real L. y J. F. Solís A. 2007. Capítulo I. Introducción. pp. 1-23. In: H. González H., J. I. Del Real L. y J. F. Solís A. (eds.). Manejo de plagas del agave tequilero. Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S.A. de C.V. Zapopan, Jalisco, México.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestras y Análisis (NOM-021-RECNAT-2000). Diario Oficial de la Federación 31 de diciembre 2002. México, DF. 85 p.
- Vega-Ramos, K.L., Uvalle-Bueno, J.X., Gómez-Leyva, J.F. 2013. Molecular variability among isolates of *Fusarium oxysporum* associated with root rot disease of *Agave tequilana*. *Biochemical Genetics*, 51: 243-255.





## MONITOREO FENOLÓGICO EN MAÍZ USANDO IMÁGENES SATELITALES PARA LA MEJORA DEL SERVICIO DE RIEGO

Sergio Iván Jiménez-Jiménez<sup>1\*</sup>, Ernesto Sifuentes-Ibarra<sup>2</sup>, Mariana de Jesús Marcial-Pablo<sup>1</sup>, Jaime Macías-Cervantes<sup>2</sup>, Ignacio Sánchez-Cohen<sup>1</sup>, Jorge Francisco Armendáriz-Bejarano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (INIFAP-CENID RASPA), Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. <sup>2</sup>INIFAP-CEVAF Campo Experimental Valle del Fuerte, Carretera Internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos 81110, México. <sup>3</sup>INIFAP-CEMEXI Campo Experimental Valle de Mexicali, Carretera Federal Mexicali-San Felipe, 21000, México \* Autor de correspondencia: jimenez.sergio@inifap.gob.mx

### Introducción

La teledetección permite el monitoreo de las condiciones reales y actuales del cultivo con una resolución espacial y temporal adecuada; esto aunado a toma de datos directamente en campo permite la calibración de variables biofísicas de los cultivos que se pueden traducir a diferentes aplicaciones. Dentro de estas aplicaciones esta la dotación oportuna de agua, detección de enfermedades y plagas, entre otros. Sin embargo, a pesar de que los sensores remotos permiten el monitoreo oportuno y en tiempo actual de los cultivos, diversas aplicaciones con sensores remotos han quedado obsoletas debido a los requerimientos en almacenamiento, preprocesamiento y análisis de la información. En este sentido, el objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de una plataforma para el monitoreo y seguimiento actual del desarrollo fenológico del maíz en el módulo de riego Batequis del DR075 “Valle del Fuerte” en Sinaloa usando imágenes satelitales LandSat 7, 8 y 9; esto con el fin estimar de manera indirecta los momentos oportunos de riego para este cultivo. Lo anterior se logra sin necesidad de la descargar ni realizar pre-procesamiento de imágenes satelitales, para lo cual se empleó la herramienta VICAL (Jiménez-Jiménez et al., 2022) y Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>).

### Materiales Y métodos

**Sitio de estudio.** La zona de interés es el área agrícola comprendida por el módulo de riego Batequis del Distrito de Riego DR075 “Valle del fuerte” en Sinaloa, México (Figura 1); para este trabajo únicamente se consideraron las parcelas que siembran Maíz, ya que es uno de los cultivos más importantes de la región. El DR075 es el más grande del país, con más de 260,000 ha cosechadas de maíz anualmente, donde en el año agrícola se cosecharon cerca de 145,000 ha de maíz con un rendimiento promedio de 14.3 ton/ha (CONAGUA, 2022).

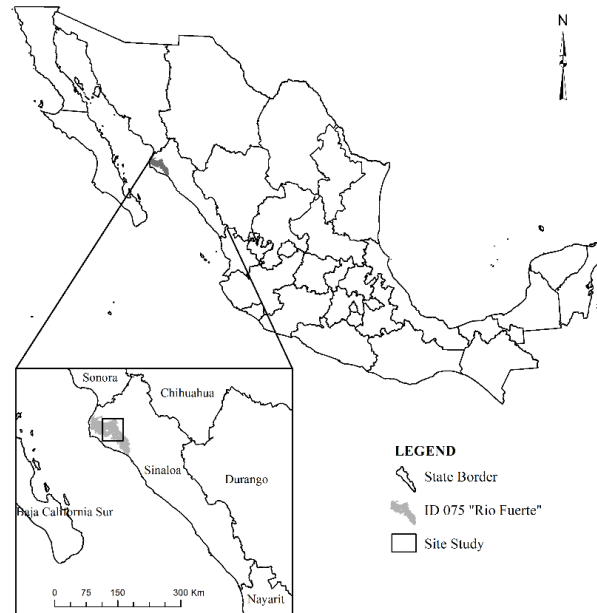


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio.

**Desarrollo Fenológico del maíz con imágenes satelitales.** Se realizó una calibración para la zona de estudio para estimar la fenología del maíz usando imágenes satelitales Landsat. Se consideraron las etapas fenológicas observadas del maíz durante diferentes años agrícolas y se asociaron a dos índices de vegetación (IV): NDVI (Rouse et al., 1973) y EVI (Huete et al., 2002). La metodología se describe detalladamente en (Sifuentes-Ibarra et al., 2020) y de acuerdo a esta calibración, se puede ajustar el desarrollo fenológico (DF) a estos IV usando las ecuaciones descritas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros para la ecuación  $DF=f(IV)=\alpha_1 \pm [\alpha_2+(\alpha_3*IV)]^{0.5}$ , para  $IV \leq IV_{max}$ , en caso contrario  $DF=DF_{VT}$ , para estimar el desarrollo fenológico (D) en función de los índices de vegetación (IVs) considerando dos zonas de desarrollo de maíz. Zona I (Vegetativo): ecuación con signo negativo (-) para la raíz cuadrada. Zona II (reproductivo): ecuación con signo positivo (+) para la raíz cuadrada (Sifuentes-Ibarra et al., 2020).

DF=f(IV)	Parámetro de la ecuación			IV <sub>max</sub>	DF <sub>VT</sub>
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$		
NDVI	0.6130	0.3740	-0.5150	0.726	0.607
EVI	0.6191	0.3106	-0.4052	0.767	0.616

Donde los valores de NDVI y EVI se obtienen a partir de las imágenes satelitales como:

$$EVI = 2.5 \left( \frac{NIR - R}{NIR + C_1R - C_2B + L} \right) \quad (1)$$

$$C_1=6.0, C_2= 7.5; L=1.0$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$



Conocer el desarrollo fenológico del maíz permite actualizar los momentos oportunos de riego; esto se puede lograr ya que se tiene calendarizado el riego tomando en cuenta las etapas fenológicas del maíz; es decir, se conoce las etapas en que se tiene que aplicar el riego con base al número de riego disponible (2, 3, 4 o 5).

**Desarrollo de la plataforma.** Se adaptó la herramienta VICAL (Jiménez-Jiménez et al., 2022) para desarrollar esta plataforma usando imágenes Landsat (7, 8 y 9), y con las ecuaciones del Cuadro 1 poder estimar el desarrollo fenológico en Maíz para diferentes años agrícolas. Para realizar la continuidad (serie temporal) de los IVs de los Landsat 7 con Landsat 8 y 9, VICAL utiliza el procedimiento recomendado por Roy et al., (2016).

Los ajustes a VICAL se realizaron dentro de GEE y se definieron los inicios de cada año agrícola como el 1 de octubre de cada año, la metodología se muestra en la Figura 2. Se tienen considerados que se estimen las etapas fenológicas desde el año agrícola 2002-2003 hasta el actual, donde automáticamente la plataforma reconoce la última imagen disponible para poder calcular las etapas y de esta manera actualizar semanalmente los calendarios de riego.

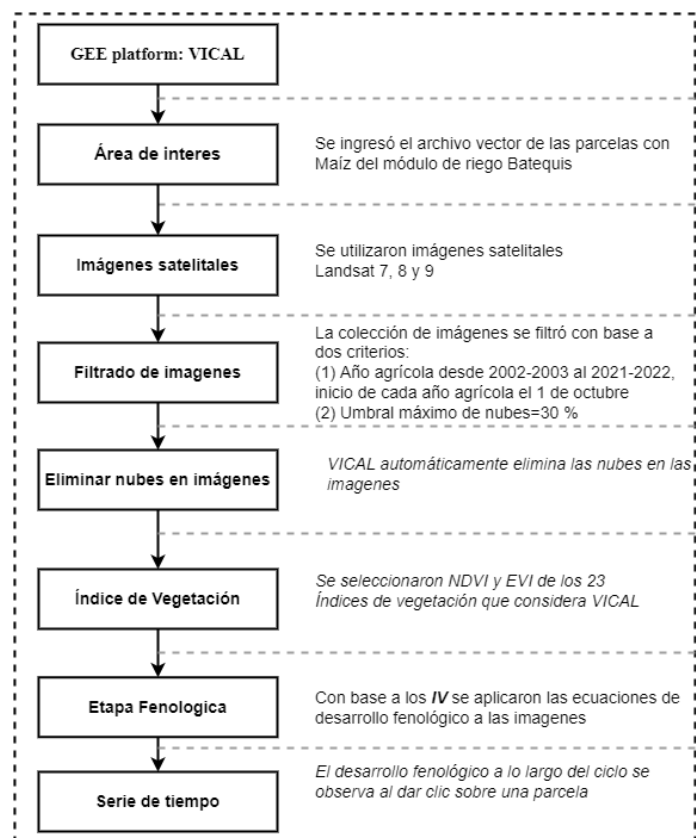


Figura 2. Metodología del desarrollo de la plataforma para estimar el desarrollo fenológico del maíz



## Resultados y discusión

Se encontró que con los IVs derivados de imágenes satelitales Landsat se puede estimar el desarrollo fenológico en el cultivo de maíz con precisión (Figura 2) y con alcance hacia grandes áreas de riego (Figura 3); donde se encontró que el NDVI ( $R^2 = 0.9154$ ) muestra ligeramente mejores precisiones que el EVI ( $R^2 = 0.9124$ ). Estas etapas a la vez, se pueden emplear para conocer si una parcela necesita o no el riego en cierta fecha.

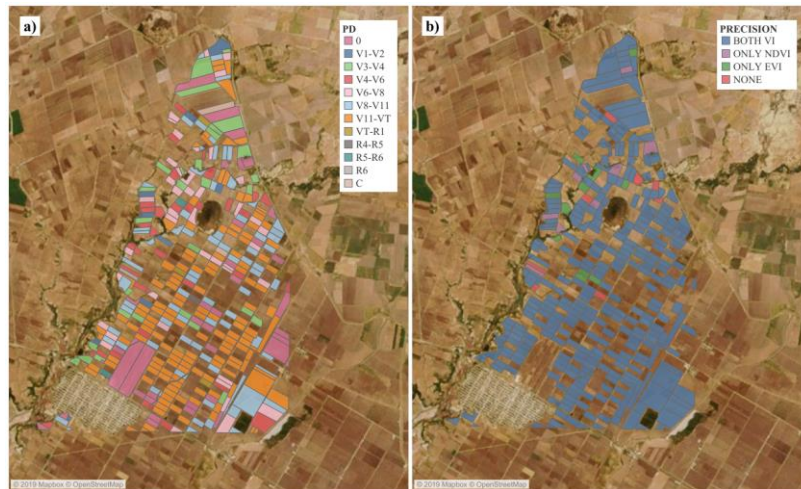


Figura 3. Estimación de las etapas fenológicas con NDVI y DVI para el 17 de abril del 2018

Las herramientas VICAL y GEE permitieron que se pudiera desarrollar la plataforma web y de esta manera los usuarios encargados de la operación de la entrega del agua puedan emplearlo de manera muy sencilla. Cabe destacar que se está llevando a cabo la validación dando seguimiento a parcelas dentro del módulo de riego.

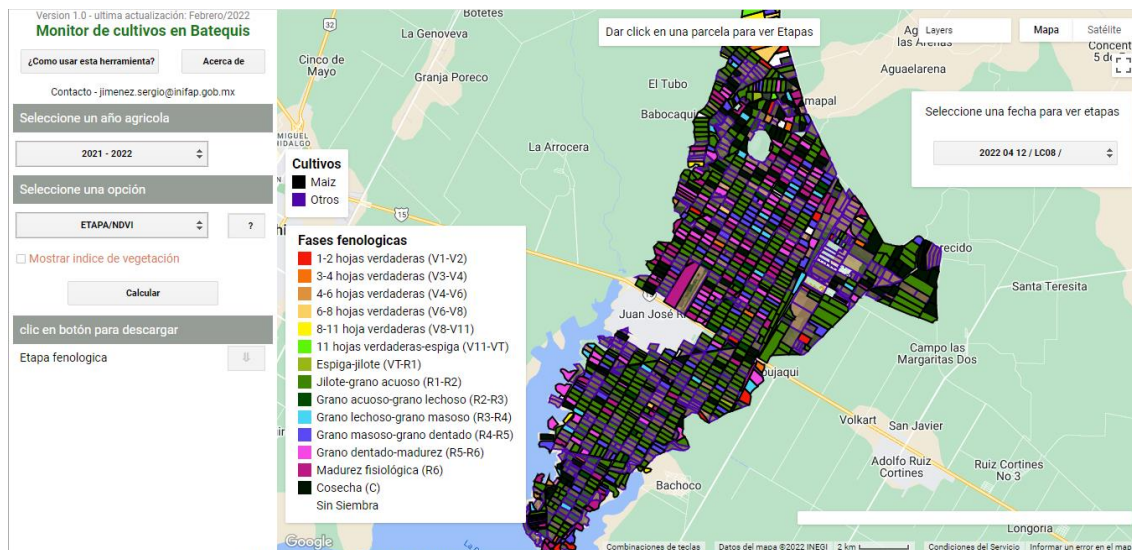


Figura 4. Vista principal de la plataforma desarrollada



## Conclusiones

Las imágenes satelitales con metodologías calibradas y validadas permiten la optimización de los recursos y el seguimiento actual de variables biofísicas de los cultivos. La plataforma desarrollada cuando se encuentre validada permitirá al módulo de riego ajustar los momentos de riego en maíz tomando en cuenta las etapas fenológicas de dicho cultivo.

## Referencias

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2022). Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 195–213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jiménez-Jiménez, S. I., Marcial-Pablo, M. de J., Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Inzunza-Ibarra, M. A., & Sánchez-Cohen, I. (2022). VICAL: Global Calculator to Estimate Vegetation Indices for Agricultural Areas with Landsat and Sentinel-2 Data. *Agronomy* 2022, Vol. 12, Page 1518, 12(7), 1518. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12071518>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In S. Freden, E. Mercanti, & M. Becker (Eds.), *Proceedings of Third ERTS Symposium* (pp. 309–317).
- Roy, D.P., Kovalskyy, V., Zhang, H.K., Vermote, E.F., Yan, L., Kumar, S.S., Egorov, A., 2016. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. *Remote Sensing of Environment* 185, 57–70. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2015.12.024>
- Sifuentes-Ibarra, E., Ojeda-Bustamante, W., Ontiveros-Capurata, R. E., & Sánchez-Cohen, I. (2020). Improving the monitoring of corn phenology in large agricultural areas using remote sensing data series. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(3), e1204–e1204. <https://doi.org/10.5424/SJAR/2020183-16269>



## IDENTIFICACIÓN DE BEGOMOVIRUS Y ZEBRA CHIP ENCONTRADOS EN PLANTAS DE CHILE CULTIVADAS EN TABASCO, ZACATECAS

Jaime Mena Covarrubias<sup>1\*</sup>, Corazón de María Luna Félix<sup>2</sup>, Biridiana Lozano Hipólito<sup>1</sup>, Luis R. Reveles Torres<sup>1</sup>, Armando Mauricio Castillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP Zacatecas, km 24.5 carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas. CP 98500. Tel. +52 01 800 088 2222 extensión 82307. <sup>2</sup>Unidad Académica de Ciencias Biológicas, y <sup>3</sup>Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas  
\*Autor de correspondencia: menajaime@inifap.gob.mx

### Introducción

El chile, como ingrediente básico de la dieta y alimentación de los mexicanos se remonta a tiempos inmemoriales, y ha estado presente en su historia desde mucho antes de la consolidación de las sociedades y culturas precolombinas que florecieron en la región Mesoamericana. En México, para el año 2021 se plantaron 149,808 hectáreas de chile verde, lo que permitió cosechar 3,086, 742 toneladas de fruto, que representó un ingreso de más de \$30,643 millones de pesos (SIAP, 2021).

Las enfermedades causadas por virus han sido un factor limitante para los productores de chile mexicanos cuando el cultivo se desarrolla en el campo. El resultado final de la infección por el virus, es una reducción en el crecimiento de las plantas, bajo rendimiento, calidad del producto, y la pérdida económica a los productores (Rico, 2002), y ha sido reportada como un problema limitante del potencial de rendimiento para los cultivos hortícolas de México desde los años 1950's. Entre las familias de virus que infectan plantas destaca la familia Geminiviridae, convertida en un serio problema en el mundo; en México la presencia de begomovirus fue reportada por primera vez a finales de la década de los 70s (Saavedra et al., 2010). Paralelamente se empezó a trabajar con otras enfermedades asociadas a la presencia de mosquita blanca y que causaban los síntomas típicos de geminivirus: amarillamientos y deformaciones de las hojas. Entre las hortalizas afectadas destacaba el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) y el síntoma se describía como "planta atigrada" o "rizado amarillo del chile" en Tamaulipas, los cuales se reportaron que eran causadas por geminivirus (Garzón Tiznado et al., 1989).

Los begomovirus son virus transmitidas por insectos vectores como la mosca blanca del camote, *Bemisia tabaci*. Otro agente causal reportado recientemente es *Candidatus Liberibacter solanacearum* el cual a pesar de haberse descubierto hace apenas 14 años (Liefting et al., 2008) está presente en muchas de las zonas productoras de chile en el mundo ocasionado daños de importancia económica; en México se ha demostrado su importancia como causante del variegado del chile (Camacho-Tapia et al., 2011), y en 2014 fue la causa principal de las pérdidas de chile en la zona productora del altiplano de Durango. Es importante destacar que el diagnóstico correcto de este tipo de enfermedades virales requiere pruebas de laboratorio (Hull, 2002).



Las apariciones de síntomas asociados con virosis presentes en el cultivo de chile han comenzado a generar afectaciones en la producción de dicho cultivo en los estados de Zacatecas y Durango, de tal forma que es importante identificar el o los posibles agentes causales, con el fin de diseñar estrategias que nos permitan controlar al máximo la dispersión de los síntomas antes mencionados.

## **Materiales y métodos**

Para la realización del presente trabajo se hicieron 3 muestreos (8, 16 y 29 de septiembre del 2022) en un lote de 1.5 hectáreas de chile jalapeño, plantado el 18 de julio del 2022. en la localidad de San Francisco, municipio de Tabasco, Zacatecas. En total se colectaron 35 muestras de plantas con alguna de la siguiente sintomatología: moteado clorótico; mosaico y enrollamiento foliar, incluyendo 5 muestras de plantas aparentemente sanas (tejido de color verde oscuro uniforme). Cada muestra se colocó en bolsas de papel, las cuales fueron luego colocadas dentro de una hielera de unicel para ser llevadas al Laboratorio de Biología Molecular del Inifap Zacatecas.

Para identificar los virus presentes en el material colectado en campo, se siguió la metodología establecida por Dellaporta *et al.* (1983) para hacer la extracción y cuantificación del ADN proveniente del tejido analizado. Posteriormente se utilizó el protocolo propuesto por Asuar (2007) en la técnica de PCR, de tal forma que para amplificar las muestras de ADN para identificar begomovirus se utilizó la metodología de Ascencio-Ibañez *et al.* (2002), en tanto que para detectar a *Candidatus Liberibacter solanacearum* se basó en el protocolo reportado por Ravindran *et al.* (2011).

También se realizaron 8 muestreos semanales (18 de agosto al 6 de octubre del 2022) utilizando 8 trampas pegajosas de color amarillo fosforescente (22x16 cm) colocadas al azar en distintos puntos de la parcela para llevar el monitoreo de los adultos de la mosquita blanca del camote y el psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* considerados como los vectores principales de los begomovirus y zebra chip que afectan el cultivo de chile, respectivamente.

## **Resultados y discusión**

Se detectó la presencia de begomovirus en tres de las muestras analizadas, y de ellas dos pertenecieron al Clado DGR, en tanto que una so correspondió a alguno de los Clados analizados; además, en dos de las tres muestras positivas a begomovirus fueron encontradas en tejido que tenían los tres síntomas en la misma planta (Cuadro 1).

Por lo que respecta al agente causal de zebra chip (CLso), este fue detectado también, aunque solo en una muestra de tejido donde la planta presentaba los 3 síntomas en el follaje (Cuadro 1). Sin embargo, también es interesante resaltar que la muestra positiva a CLso fue positiva a begomovirus a la vez, lo que demuestra la presencia de una infección mixta dentro de una misma planta (Cuadro 1).



Ya se ha reportado la presencia de infecciones mixtas entre dos begomovirus: Virus huasteco del chile (PHV) y el Virus del mosaico dorado del chile (Pep GMV) los cuales tuvieron un efecto antagonista entre ellos cuando se presentaron en chile, pero con un efecto sinergista cuando infectaban las plantas de tabaco (Méndez-Lozano *et al.*, 2003). Hay otro reporte sobre los dos virus del chile antes mencionados, pero esta vez en infecciones mixtas con el Virus del enrollamiento leve de las puntas del betabel (BMCTV), también en el cultivo de chile plantado en San Luis Potosí, donde los dos begomovirus del chile estuvieron presentes en el 80% de las plantas con síntomas de amarillamiento y que estaban infectadas con BMCTV (Reveles-Torres, *et al.*, 2012).

Es importante señalar que, en este primer muestreo, tanto los tejidos de la hoja como del tallo fueron positivos a begomovirus, aunque más prevalentes en el tallo que en las hojas, y que las plantas testigo dieron un resultado negativo a la presencia de begomovirus (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis del tejido de plantas de chile jalapeño para buscar la presencia de begomovirus y *Candidatus Liberibacter solanacearum* (LIBERIBACTER) del primer muestreo (8 ix 2022).

Primer muestreo		General (CP70)	Clado de Begomo SL260	Clado de Begomo DGR
Muestra*	Sintoma	Liberibacter	Begomovirus	
H1	2**	-	+	-
T1	2	-	-	-
H2	2,3	-	-	-
T2	2,3	-	-	-
H3	2	-	-	-
T3	2	-	-	-
H4	1	-	-	-
T4	1	-	-	-
H5	4	-	-	-
T5	4	-	-	-
H6	1	-	-	-
T6	1	-	-	-
H7	1,2,3	-	+	+
T7	1,2,3	+	+	+
H8	1	-	-	-
T8	1	-	-	-

\* H = tejido de hoja, T = tejido de tallo

\*\* Síntoma: 1 con moteado clorótico; 2 mosaico; 3 enrollamiento foliar; 4 planta sana; 1,2,3, con 1 con moteado clorótico, mosaico y enrollamiento foliar.

Una semana después, durante el muestreo de 12 plantas de chile, vuelven a aparecer 3 muestras positivas a begomovirus, pero proporcionalmente hubo un 30 vs 21% de plantas infectadas con begomovirus en el segundo vs el primer muestreo (3/10 vs 3/14) (Cuadro 2).





Esta vez hubo una muestra positiva al Clado SL260, dos al Clado DGR, y una que fue positiva, pero no se identificó su Clado (Cuadro 2). Cabe resaltar la infección mixta de los Clados SL 260 y DGR (J7C), donde dos begomovirus están presentes dentro de la misma planta de Chile, lo cual es respaldado por lo reportado con anterioridad, y observado también en el primer muestreo (Cuadro 1) (Méndez-Lozano *et al.*, 2003). No hubo muestras positivas con zebra chip (CLso).

Durante el último muestreo se encontró que el 100% de las plantas revisadas con síntomas de infección por virus en campo, fueron positivas a la presencia de begomovirus, y todas ellas aparecieron en el Clado DGR, en tanto que solo una muestra dio positivo al Clado SL260, y no hubo una sola muestra con presencia de zebra chip, ni tampoco las plantas sanas dieron una indicación de que estuvieran infectadas con base en el análisis de este muestreo (Cuadro 3). Vuelve a aparecer también una infección mixta entre los dos Clados de begomovirus analizados (DGR y SL260) (Cuadro 3), y aunque se desconoce si esa interacción fue antagónica o sinérgica, viene a reforzar que son comunes dichas infecciones de begomovirus en el cultivo de Chile en condiciones de campo, como lo habían sido reportadas con anterioridad en los trabajos de Méndez-Lozano *et al.* (2003).

Cuadro 2. Análisis del tejido de plantas de Chile jalapeño para buscar la presencia de begomovirus y *Candidatus Liberibacter solanacearum* (LIBERIBACTER) (CLso) del segundo muestreo (14 ix 2022).

SEGUNDO MUESTREO MUESTRA	SINTOMA	LIBERIBACTER	General (CP70) BEGOMOVIRUS	Clado de Begomo SL260	Clado de Begomo DGR
J1P*	1	-	+	-	-
J2P	1	-	-	-	-
J3P	1	-	-	-	-
J4M	2	-	-	-	-
J5M	2	-	+	-	+
J6M	2	-	-	-	-
J7C	3	-	+	+	+
J8C	3	-	-	-	-
J9C	3	-	-	-	-
J10MIX	1,2,3	-	-	-	-
J11T	4	-	-	-	-
J12T	4	-	-	-	-

\*Síntoma: P con moteado clorótico (1); M con mosaico (2); C enrollamiento foliar (3); T planta sana (4); J10MIX con moteado clorótico, mosaico y enrollamiento foliar.



Cuadro 3. Análisis del tejido de plantas de chile jalapeño para buscar la presencia de begomovirus y *Candidatus Liberibacter solanacearum* (LIBERIBACTER) (CLso) del tercer muestreo (29 ix 2022).

TERCER MUETREO MUESTRA	SINTOMA	LIBERIBACTER	General (CP70) BEGOMOVIRUS	Clado de Begomo SL260	Clado de Begomo DGR
HDP*	1	-	+	-	+
TDP	1	-	+	-	+
HDM	2	-	+	-	+
TDM	2	-	+	-	+
HDC	3	-	+	+	+
TDC	3	-	+	-	+
HPS	4	-	-	-	-
TPS	4	-	-	-	-

\*Síntoma: HDP hoja con moteado clorótico; TDP tallo de planta con moteado clorótico; HDM hoja con mosaico; TDM tallo de planta con mosaico; HDC hoja con enrollamiento foliar; TDC tallo de planta con enrollamiento foliar; HPS y TPS hoja y tallo de planta sana, respectivamente.

## Conclusiones

La presencia de infecciones por begomovirus es la más frecuente en plantaciones de chile en Tabasco, Zacatecas.

El Clado más frecuente de begomovirus es el DGR.

Sí está presente la enfermedad de zebra chip en el cultivo de chile en Tabasco, Zacatecas.

Hay infecciones mixtas de begomovirus con begomovirus, y de begomovirus con zebra chip (CLso).

## Referencias

- Ascencio-Ibáñez JT, Argüello-Astorga GR, MéndezLozano J. and Rivera-Bustamante RF. (2002). First report of Rhynchosia golden mosaic virus (RhGMV) infecting tobacco in Chiapas, Mexico. *Plant Disease* 86:692.
- Asuar, L. E. (2007). Guía práctica sobre la técnica de PCR. *Ecología Molecular. LE Eguiarte, V. Souza, X. Aguirre (Eds). INECC. México*, 517-552.
- Camacho-Tapia, M., Rojas-Martinez, R.I.; Zavaleta-Meija, E.; Hernandez-Deheza, M.G.; Carrillo-Salazar, J.A.; Rebollar-Alviter J.A. y Ochoa-Martínez, D.L. (2011). Aetiology of chili pepper variegation from Yurecuaro Mexico. *Journal of Plant Pathology* 93: 331-335
- Delgado-Ortiz, J. C., Beltrán-Beache, M., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Urbe, L. A., Landero-Flores, J., Rodríguez-Pagaza, Y., & Ochoa-Fuentes, Y. M. (2019). *Candidatus Liberibacter solanacearum* patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 22.
- Dellaporta, S.L., Wood, J. y Hicks, J.B. (1983). Una minipreparación de ADN vegetal: versión II. *Reportero de biología molecular vegetal*, 1 (4), 19-21



- Garzón-Tiznado, J.A., Rivera-Bustamante, R., Herrera-Estrella, L., DelgadilloSánchez, F., Pozo-Campodónico, O. (1989). Estudio preliminar sobre el "Rizado Amarillo" del chile (*Capsicum annum* L.) en el sur de Tamaulipas: un geminivirus. XII Congreso Nacional de la Soc. Mex. de Fitopatología. Montecillo, Edo. de Mex. Resúmenes pp: 16
- Hull, R. (2002). *Plant Virology*, 4th ed. Academic Press, San Diego, USA.
- Méndez-Lozano, J., Torres-Pacheco, I., Fauquet, C. M., and RiveraBustamante, R. F. (2003). Interactions between geminiviruses in a naturally occurring mixture: Pepper huasteco virus and Pepper golden mosaic virus. *Phytopathology* 93:270-277.
- Ravindran, A., Lévy, J., Pierson, E. & Gross, D.C. (2011). Development of primers for improved PCR detection of the potato zebra chip pathogen, 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*'. *Plant Disease*, 95, 1542-1546. DOI: org/10.1094/PDIS-05-11-0386
- Reveles-Torres, L.R. Velásquez-Valle, R.; Mauricio-Castillo, J.A. y Salas-Muñoz, S. (2012). Detección de infecciones mixtas causadas por begomovirus y curtovirus en plantas de chile para secado en San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30: 155-160.
- Rico, J., (2002). Identificación de virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el Estado de Guanajuato, Instituto de Ciencias Agrícolas Universidad de Guanajuato.
- Saavedra, D. L. T., Bustamante, R. F. R., & Neria, M. A. G. (2010). Veinte años de investigación con Geminivirus en vegetales en Guanajuato. *Acta Universitaria*, 20(3), 84-92.
- SIAP. (2021). Anuario estadístico de la producción agropecuaria. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. consultado octubre 12.



## EFICIENCIA MATERNA DE HEMBRAS CAPRINAS EMPADRADAS A LOS 9 MESES: CALIDAD DE CALOSTRO

Kassandra L. Almendarez Castro<sup>1</sup>, Arlette Rescendiz Trejo<sup>1</sup>, Luisa E.S. Hernández-Arteaga<sup>1</sup>, Manuel J. Flores-Nájera<sup>2</sup>, Venancio Cuevas-Reyes<sup>3</sup>, Juan M. Vázquez-García<sup>1</sup>, Gilberto Ballesteros Rodea<sup>1</sup>, Andrea García-Mendoza<sup>1</sup>, Dulce M. Villareal Rostro<sup>1</sup>, César A. Rosales-Nieto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: cesar.rosales@uaslp.mx

### Resumen

La producción nacional anual de carne y leche de caprinos no alcanza a cubrir la demanda. Es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permita a los criadores de cabras incrementar la productividad y eficiencia reproductiva de sus animales. Una opción es empadrear las hembras a los 9 meses de edad; sin embargo, se desconoce el comportamiento materno que tendrán las jóvenes madres. El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad de calostro entre hembras empadradas a los 9 meses de edad con hembras de segundo y tercer parto. Se utilizaron 26 cabras (Primer parto:11; Segundo parto:6; Tercer parto:9) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Posterior al parto, se obtuvo una muestra de calostro (10 mL) y se analizó de inmediato el contenido de proteína, grasa, lactosa y sólidos no grasos (SNF). Adicionalmente, se determinó el peso corporal de las cabras al día siguiente. El número de parto en hembras caprinas no influyó el contenido en calostro de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos ( $P > 0.05$ ). El peso corporal materno no influyó el contenido en calostro de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos ( $P > 0.05$ ). Nuestros resultados muestran datos interesantes al demostrar que es posible empadrear a las hembras caprinas a los 9 meses de edad y que los componentes del calostro no se verán mermados por la edad de la madre al momento del parto. Se requiere más investigación para determinar si el empadrear hembras caprinas a los 9 meses de edad afecta negativamente el vínculo materno, producción láctea y eficiencia productiva y reproductiva de la progenie.

### Abstract

The annual national production of goat meat and milk is not enough to cover the demand. It is necessary to develop simple and low-cost strategies that allow goat farmers to increase the productivity and reproductive efficiency of their animals. One option is to breed females at 9 months of age; however, the maternal behavior that young mothers will have is unknown. The objective of this work is to compare the components of colostrum between dams from first parity (bred at 9 months of age) with dams from second parity and third parity. Twenty-six goats were used (First parity:11; Second parity: 6; Third parity: 9) from the Goat Unit of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the UASLP. After kidding, a sample of colostrum (10 mL) was obtained and immediately analyzed for protein, fat, lactose, and solid non-fat (SNF) content. Additionally, the body weight of the goats was determined the following



day. The parity number did not influence the content of fat, protein, lactose and non-fat solids in colostrum ( $P > 0.05$ ). Maternal body weight the day after calving did not influence colostrum content of fat, protein, lactose, and non-fat solids ( $P > 0.05$ ). Our results show interesting data by demonstrating that it is possible to breed female goats at 9 months of age and that the components of the colostrum will not be reduced by the age of the mother at the time of delivery. More research is required to determine if mating female goats at 9 months of age negatively affects maternal bonding, milk production, and productive and reproductive efficiency of the progeny.

## Introducción

En las industrias de la leche y la carne, la eficiencia reproductiva y productiva es un componente crítico de la productividad y un importante contribuyente a la rentabilidad. Las cabras son importantes para la producción de leche y carne y suelen ser la principal fuente de ingresos en los sistemas agrícolas de bajos insumos (González-Bulnes et al., 2011). En México, en la última década se ha registrado un decremento en la población nacional caprina debido a diversos factores, principalmente reducción en la eficiencia reproductiva (Mellado et al., 2020; 2022; Panorama Agroalimentario, 2020). A pesar de todo eso, en 2019, las cabras aportaron a la economía cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2020). Sin embargo, esta producción, no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

Una opción para incrementar la población nacional de caprinos es empadrear las hembras a los 9 meses de edad. Recientemente hemos demostramos que es posible realizar esta actividad; ya que la eficiencia reproductiva al empadrear de hembras a los 9 meses tiene un componente genético y está relacionado estrechamente con los factores de crecimiento (Vázquez-García et al., 2021a; 2021b). Indicando que existe una aceptable tasa de fertilidad y tasa reproductiva y que el peso y desarrollo postnatal de la progenie no se ve mermado (Vázquez-García et al., 2021a; 2021b). Sin embargo, si es evidente una reducción en la eficiencia reproductiva en comparación con hembras adultas (información no publicada). Aun así, sigue existiendo el escepticismo por parte del productor en la decisión de retrasar el primer empadrear de las hembras jóvenes, con la creencia de que el desempeño productivo y reproductivo de la progenie se verá afectado por la habilidad materna y calidad de calostro y leche recibida durante su desarrollo postnatal.

De tal manera que, en cualquier unidad de producción, uno de los desafíos es producir animales sanos que sobrevivan y rindan al máximo su potencial genético. Es importante señalar que la eficiencia productiva y desarrollo postnatal de un animal está asociada con su estado inmunitario, lo que puede vincularse a sus primeras horas de vida (Van Amburgh et al., 2008; Soberon et al., 2012; Ghaffari et al., 2020). El calostro es un producto de alto valor nutritivo que contiene proteínas, aminoácidos esenciales y no esenciales, lípidos, lactosa, factores de crecimiento, y es una rica fuente de inmunoglobulinas; por lo tanto, responsable del buen funcionamiento del sistema inmunológico en el recién nacido (Argüello et al., 2006;



Yang et al., 2009). Reducir la calidad del calostro puede disminuir la inmunidad pasiva e incrementar la incidencia de enfermedades y poner en riesgo la sobrevivencia del neonato (Barry et al., 2019). La composición del calostro varía ampliamente debido a diversos factores que incluyen la historia clínica de la madre, el volumen producido, la época del año, el manejo pre-parto, y la raza, entre otros (Chuck et al., 2017). Nuestra hipótesis fue que el contenido de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos en calostro se reduce en las hembras de primer parto, en comparación con hembras de segundo y tercer parto.

## **Materiales y métodos**

### **Ética animal**

Todos los procedimientos en este estudio son consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio y cumplen con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kilkenny *et al.*, 2010).

### **Lugar de estudio**

El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51' 40.49" O y 22° 13' 56.63" N).

### **Animales y diseño experimental**

Se utilizaron 11 cabras primíparas (empadradas a los 9 meses de edad), 6 hembras de segundo parto y 9 hembras de tercer parto para determinar el impacto del número de partos sobre la calidad de calostro. Todas las hembras nacieron en la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Posterior al parto, se obtuvo una muestra de calostro (10 mL) y se analizó de inmediato el contenido de proteína, grasa, lactosa y sólidos no grasos (SNF) con un Milko Tester (MasterEco, Belovo, Bulgaria). El Milko Tester fue calibrado para leche de cabra por el fabricante. Adicionalmente, las cabras se pesaron al día siguiente con una báscula digital (TORREY®) con una sensibilidad de 0.01 kg. Las cabras fueron alimentadas con heno de avena y alfalfa, sorgo y ensilado de maíz.

### **Análisis estadísticos**

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). Los componentes del calostro (grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos) y el peso se analizaron mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue el número de parto. El peso se agregó como co-variables.



## Resultados y discusión

### Componentes de calostro

El número de parto en hembras caprinas no influyó el contenido en calostro de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos ( $P > 0.05$ ; Cuadro 1). El peso al día siguiente del parto no influyó el contenido en calostro de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos ( $P > 0.05$ ).

Parto	n	Peso	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos no-grasos
1	11	35.2±1.9	6.1±0.6	5.4±0.5	8.1±0.7	14.4±1.4
2	6	50.7±2.6	6.6±1.1	5.3±0.6	7.8±0.8	14.5±1.6
3	9	49.1±2.2	6.6±0.9	4.3±0.5	6.4±0.8	12.1±1.4
$P > f$		0.01	0.32	0.39	0.36	0.47

Nuestra hipótesis inicial fue que el contenido de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos en calostro se reduce en las hembras de primer parto, en comparación con hembras de segundo y tercer parto. Nuestros resultados muestran datos interesantes al demostrar que es posible empadrear a las hembras caprinas a los 9 meses de edad y que los componentes del calostro no se verán mermados por la edad de la madre al momento del parto. Esto aunado a nuestros resultados anteriores (Vázquez-García et al., 2021a; 2021b), nos da la confianza de poder hacer recomendaciones sobre el empadre de hembras caprinas a los 9 meses de edad.

Nuestros resultados indican que el contenido en calostro de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos fue similar entre hembras de primer, segundo y tercer parto. Resultados similares fueron reportados por Argüello et al. (2006) en cabras Majoreras y no encontraron diferencia estadística al analizar los componentes del calostro en hembras con diferente número de partos. Interesante, conforme va creciendo la hembra, va incrementando el tamaño de la glándula mamaria y la capacidad láctea (Pritchett et al., 1991); y existe el efecto dilución, el cual indica que a medida que aumenta la capacidad de la glándula mamaria con la edad o el número de lactancias, la concentración del componente de calostro disminuye (Ahmann et al., 2021). De tal manera que hubiéramos esperado que el contenido de componentes en calostro fuera menor en hembras de primer parto en comparación con hembras de segundo o tercer parto; al asumir que la capacidad láctea es mayor en hembras multíparas. Este grupo de investigación ha demostrado en bovino lechero que el número de parto influye la concentración de inmunoglobulinas en calostro, favoreciendo a las hembras con mayor número de partos (García-Mendoza et al., 2021); esto debido a que la hembra va mejorando su sistema inmune con la edad (Vlasova & Saif, 2021). En el presente experimento no evaluamos la concentración de inmunoglobulinas, sin embargo, esto abre la oportunidad de seguir evaluando la eficiencia productiva de las hembras de primer parto.

Adicionalmente, nuestros resultados indican que el peso al momento del parto fue mayor en las cabras multíparas en comparación con las cabras de primer parto. Este resultado era esperado dado que las hembras continúan creciendo hasta alcanzar su peso adulto (Meyer, 1999; información no publicada).



Se ha reportado una relación positiva entre el peso de la madre y la producción de leche (Rosales-Nieto et al., 2018; Flores-Najera et al., 2021). Sin embargo, los resultados del presente experimento no extienden resultados previos. Para poder hacer recomendaciones eficientes sobre el empadre de hembras caprinas a los 9 meses de edad es necesario realizar más investigación. Es necesario determinar la habilidad materna de estas hembras jóvenes para desarrollar a las crías. Determinar si la calidad y producción de calostro y leche se ve reducida e influye sobre el desarrollo postnatal de la progenie.

## Conclusión

Se concluye que empadrear a las hembras caprinas a los 9 meses de edad no influye negativamente el contenido de los componentes en calostro. Se requiere más investigación para determinar si el empadrear hembras caprinas a los 9 meses de edad afecta negativamente el vínculo materno, producción láctea y eficiencia productiva y reproductiva de la progenie.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.

## Referencias

- Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J., Büscher, W., 2021. Determining Immunoglobulin Content of Bovine Colostrum and Factors Affecting the Outcome: A Review. *Animals* 11, 3587.
- Argüello, A., Castro, N., Álvarez, S., Capote, J., 2006. Effects of the number of lactations and litter size on chemical composition and physical characteristics of goat colostrum. *Small Ruminant Research* 64, 53-59.
- Barry, J., Bokkers, E.A.M., Berry, D.P., de Boer, I.J.M., McClure, J., Kennedy, E., 2019. Associations between colostrum management, passive immunity, calf-related hygiene practices, and rates of mortality in preweaning dairy calves. *Journal of Dairy Science* 102, 10266-10276.
- Chuck, G., Mansell, P., Stevenson, M., Izzo, M., 2017. Factors affecting colostrum quality in Australian pasture-based dairy herds. *Australian Veterinary Journal* 95, 421-426.
- Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Vázquez-García, J.M., Beltrán-López, S., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Negrete-Sánchez, L.O., Rivas-Jacobo, M.A., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Milk Yield and Composition of Mixed-Breed Goats on Rangeland during the Dry Season and the Effect on the Growth of Their Progeny. *Biology* 10, 220.
- García-Mendoza, A., Almendarez-Navarro, F.J., Vega-Manríquez, D.X., Vázquez-García, J.M., Hernández-Arteaga, L.E.S., Rivas-Jacobo, M.A., Villareal Rostro, D.M., Rosales-Nieto, C.A., 2021. Calidad de calostro e inmunidad pasiva en neonatos incrementa con el número de partos de la madre. XVII Congreso Nacional y V Congreso Internacional sobre recursos Bióticos de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México.





- Ghaffari, M.H., Sadri, H., Hammon, H.M., Steinhoff-Wagner, J., Henschel, N., Sauerwein, H., 2020. Short communication: Colostrum versus formula: Effects on mRNA expression of genes related to branched-chain amino acid metabolism in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science* 103, 9656-9666.
- Gonzalez-Bulnes, A., C.A. Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem, R.T. Kridli. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Chapter 2, p. 41-60. ISBN: 978-1-61761-541-2.
- Kilkenny, C., Browne, W.J., Cuthill, I.C., Emerson, M., Altman, D.G., 2010. Improving Bioscience Research Reporting: The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research. *PLOS Biology* 8, e1000412.
- Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical Animal Health and Production* 52, 2737-2741.
- Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. *Tropical Animal Health and Production* 54, 193.
- Meyer, B.K., 1999. Estimates of genetic and phenotypic covariance functions for postweaning growth and mature weight of beef cows. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 116, 181-205.
- Panorama-Agroalimentario. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020 [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/)
- Pritchett, L.C., Gay, C.C., Besser, T.E., Hancock, D.D., 1991. Management and Production Factors Influencing Immunoglobulin G1 Concentration in Colostrum from Holstein Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 74, 2336-2341.
- Rosales Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Macleay, C.A., Briegel, J.R., Wood, D.A., Martin, G.B., Bencini, R., Thompson, A.N., 2018. Milk production and composition, and progeny performance in young ewes with high merit for rapid growth and muscle and fat accumulation. *animal* 12, 2292-2299.
- SAS Institute 2010. SAS/Stat user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R.W., Van Amburgh, M.E., 2012. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 95, 783-793.
- Van Amburgh, M. E., E. Raffrenato, and F. Soberon. 2008. Early life management and long-term productivity of dairy calves. Pages 185–192 in *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, vol. 70. Syracuse, NY. Dept. of Animal Science, Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Vázquez-García, Juan Manuel, Guerrero-Niño, Jazmín, Flores-Nájera, Manuel de Jesús, Herrera-Corredor, Camelia Alejandra, Rivas-Jacobo, Marco Antonio, Villareal-Rostro, Dulce María, Rosales-Nieto, César Augusto., 2021a. Empadre de Hembras Caprinas a los 9 Meses: 1. Eficiencia Reproductiva. *Memorias de XXXII Semana Internacional de Agronomía*, Gómez Palacio, Durango, México.
- Vázquez-García, Juan Manuel, Bravo-Bravo, Raúl, Flores-Nájera, Manuel de Jesús, Herrera-Corredor, Camelia Alejandra, Rivas-Jacobo, Marco Antonio, Villareal-Rostro, Dulce María, Rosales-Nieto, César Augusto., 2021b. Empadre de Hembras Caprinas a los 9 Meses: 2. Comportamiento de la Progenie. *Memorias de XXXII Semana Internacional de Agronomía*, Gómez Palacio, Durango, México.
- Vlasova, A.N., Saif, L.J., 2021. Bovine Immunology: Implications for Dairy Cattle. *Frontiers in Immunology* 12.
- Yang, X.-Y., Chen, J.-P., Zhang, F.-X., 2009. Research on the chemical composition of Saanen goat colostrum. *International Journal of Dairy Technology* 62, 500-504.



## **ANÁLISIS BENEFICIO COSTO SOBRE EL IMPACTO DEL CONSUMO DE CONCENTRADO A BASE DE RESIDUOS DE PANADERÍA SOBRE EFICIENCIA LÁCTEA EN CABRAS**

Venancio Cuevas-Reyes<sup>1</sup>, Luisa E.S. Hernández-Arteaga<sup>2</sup>, Manuel J. Flores-Nájera<sup>3</sup>, Juan M. Vázquez-García<sup>2</sup>, Dulce M. Villareal Rostro<sup>2</sup>, Gilberto Ballesteros Rodea<sup>2</sup>, César A. Rosales-Nieto<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México. <sup>2</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna, 27440, Matamoros, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: cesar.rosales@uaslp.mx

### **Resumen**

La producción nacional anual de carne y leche de caprinos no alcanza a cubrir la demanda y los costos de producción se elevan continuamente. Es necesario desarrollar estrategias simples y de bajo costo que permitan a los criadores de cabras incrementar la productividad de sus animales y reducir costos de operación. Se realizó un análisis de costos de alimentación, producción de leche y precio de venta de leche de 42 cabras adultas (30 Alpinas y 12 Saanen) de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP, que fueron divididas en dos tratamientos, T-BP (15 Alpinas y 6 Saanen) al momento del ordeño recibieron 300 gr de concentrado basado en residuos de panadería y T-CTL (15 Alpinas y 6 Saanen) recibieron 300 gr de concentrado comercial (Nu3®). Además, las cabras fueron alimentadas con heno de avena y alfalfa, sorgo y ensilado de maíz. El uso de concentrado, proveniente de panaderías permitió lograr una mayor eficiencia económica, ya que se logró disminuir en un 11.68% el costo total de alimentación por cabra durante el tratamiento analizado y una mejor relación beneficio costo en comparación con el uso de concentrado comercial (Nu3®). Se concluye que más estudios son necesarios para obtener indicadores de rentabilidad de unidades de producción que implementen estrategias alimenticias de bajo costo.

### **Abstract**

The annual national production of meat and milk from goats does not cover the demand and production costs are continually rising. It is necessary to develop simple and low-cost strategies that allow goat farmers increasing the productivity of their animals and reducing operating costs. An analysis of feed costs, milk production and milk sale price of 42 adult goats (30 Alpine and 12 Saanen) from the Goat Unit of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the UASLP, which were divided into two treatments, was carried out. T-BP (15 Alpinas and 6 Saanen) at the time of milking received 300 g of concentrate based on bakery waste and T-CTL (15 Alpinas and 6 Saanen) received 300 g of commercial concentrate (Nu3®). In addition, the goats were fed with oat and alfalfa, sorghum, and corn silage. The use of bakery-based concentrate allowed to achieve greater economic efficiency, since the total cost of feeding per goat was reduced by 11.68% during the analyzed treatment and a better cost-benefit ratio compared to the use of commercial concentrate (Nu3®). It's concluded that more studies are necessary to obtain profitability indicators of production units that implement low-cost feeding strategies.



## Introducción

En México, la industria ganadera es económicamente importante ya que aporta el 10% del Producto Interno Bruto. Existen más de 8.8 millones de cabras y su distribución se asocia principalmente a entornos difíciles caracterizados por la escasa precipitación (Panorama Agroalimentario, 2020). Las cabras representan el principal ingreso de los sistemas agrícolas de bajos ingresos y, generalmente, estos animales son manejados en pequeñas unidades de producción las cuales son dirigidas por mujeres u hombres adultos, debido a que la fuerza laboral joven emigra a otras tierras (Salinas-González et al., 2016). El manejo de estos animales permite a los productores tener alimento, además de otros productos (leche/queso) que consumen o venden. Históricamente han ocurrido una serie de factores socio-económicos que han impedido que el sector ganadero alcance su máximo potencial y esto ha repercutido negativamente en la mano de obra, la producción y la productividad, el desarrollo tecnológico y el bienestar. En este tipo de unidades de producción no se invierte en la alimentación del ganado; la dieta se compone principalmente de residuos agrícolas de tierras labradas y/o del pastoreo en tierras sobre-pastoreadas. En consecuencia, los nutrientes consumidos son canalizados para el mantenimiento y la supervivencia del animal a expensas de la producción de leche y carne. Un problema importante que conduce a una productividad comprometida es la reducción de la fertilidad (70% de lo normal) y una alta tasa de pérdida fetal (Mellado et al., 2020; 2022). A pesar de todo eso, las cabras aportaron a la economía en 2019 cerca de 40,000 toneladas de carne y 167,000 toneladas de leche (Panorama Agroalimentario, 2020). Sin embargo, la producción registrada no alcanza a cubrir la demanda nacional e internacional.

Nuestro grupo de investigación ha desarrollado diferentes estrategias de alternativas nutricionales con el objetivo principal de incrementar la eficiencia reproductiva y productiva de los pequeños rumiantes asentados en las zonas áridas y semiáridas de México y del mundo (Cuevas-Reyes et al., 2020; Rosales-Nieto et al., 2021; Gámez-Vázquez et al., 2022; Castillo-Gutiérrez et al., 2022; Vázquez-García et al., 2022a; 2022b). Adicionalmente, hemos iniciado la investigación sobre el impacto reproductivo y productivo que tienen el empadrear hembras caprinas a los 9 meses de edad con el fin de incrementar la población caprina e intentar cumplir con la demanda internacional de productos derivados (Vázquez-García et al., 2021a; 2021b; Almendarez-Castro et al., 2022). Los resultados han sido prometedores, sin embargo, es necesario realizar más investigación para tener la certeza y poder realizar recomendaciones puntuales a los productores.

Parte de la investigación necesaria por hacer es la determinación de la relación beneficio-coste. El análisis económico es indispensable para poder apoyar las líneas centrales de la política pública nacional. Derivado de lo anterior, y considerando esta situación, es necesario desarrollar estrategias científico-técnicas y sustentables que permitan la colaboración con los sectores públicos y privados, para establecer convenios que conduzcan a la solución del problema, y así garantizar la soberanía alimentaria y el arraigo territorial a través del incremento en la producción animal, ingreso económico del productor y bienestar social.



## Materiales y métodos

**Lugar de estudio.** El estudio se realizó en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51' 40.49" O y 22° 13' 56.63" N).

**Animales y diseño experimental.** Se utilizaron 42 hembras multíparas (Alpina francesa: n = 30 y Saanen: n = 12) durante la lactación temprana. Las hembras fueron divididas en dos tratamientos: T-BP: 300 g de concentrado de residuos de panadería (49.6±1.1 kg; 15 Alpinas y 6 Saanen) y T-CTL: 300 g de concentrado energético comercial (Nu3®; 50.4±1.4 kg; 15 Alpinas y 6 Saanen). Los animales de cada tratamiento fueron alojados en corrales de 60 m<sup>2</sup>. El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y 21 repeticiones cada uno.

**Manejo, alimentación y toma de muestras.** Los resultados experimentales del impacto del consumo de residuos de concentrado de residuos de panadería o de concentrado energético comercial sobre la producción y calidad de leche y cambio de peso fueron reportados previamente (Vázquez-García et al., 2022a; 2022b). El presente estudio comprende el análisis económico de los resultados obtenidos.

**Costos de producción.** La alimentación durante la lactación tardía fue basada en heno de alfalfa (30%), heno de avena (40%) y ensilado de maíz (30%). Adicionalmente, al momento de la ordeña, las cabras recibieron 300 gr de un concentrado basado en residuos de panadería (T-BP) o comercial (Nu3® Lechero; T-CTL). El costo comercial de una paca de alfalfa de 25 kg es de \$120.00. El costo comercial de una paca de avena de 25 kg es de \$80 pesos. El costo comercial del kg de silo es de \$2.20. El costo del costal de 40 kg de alimento comercial Nu3® es de \$376.00. El costo del concentrado a base de residuos de panadería es de \$240.00. La hembra caprina consume aproximadamente 3.5% de su peso vivo en producción láctea media. Se calculó que la hembra pesaba 50 kg y el consumo calculado fue de 1.75 kg materia seca.

Cuadro 1. Ingredientes y costos unitarios de los insumos considerados en la dieta de alimentación.

Ingrediente	Costo/kg	Costo diario	Costo diario T-CTL	Costo diario T-BP
Alfalfa	4.8	0.525	2.52	2.52
Avena	3.2	0.700	2.24	2.24
Silo	2.2	0.525	1.15	1.15
Concentrado Nu3®	9.4	0.300	2.82	NA
Concentrado Panadería	6.0	0.300	NA	1.8
Total de costo diario por animal			8.73	7.71

**Cambio de peso.** Con base en lo reportado por Vázquez-García et al., (2022a), el peso al inicio del experimento no difirió entre tratamientos. El precio del kilogramo de una hembra adulta de desecho es de \$26.0 pesos.



**Producción de Leche.** Con base en lo reportado por Vázquez-García et al., (2022a), la producción de leche fue en decremento a razón de 9% por semana a lo largo del experimento en ambos tratamientos y no hubo diferencia entre tratamientos. La producción promedio fue de 766 ml/día. El precio de litro de leche de cabra es de \$9.20 pesos.

**Leche.** Con base en lo reportado por Vázquez-García et al., (2022b), el contenido de grasa en leche fue similar entre tratamientos (T-BP:3.5% vs T-CTL:3.5%). Sin embargo, el contenido de proteína fue mayor por 5% (T-BP:3.1% vs T-CTL:2.8%) y lactosa por 6% (T-BP:4.5% vs T-CTL:4.2%) en leche favoreciendo al tratamiento T-BP. El incrementar el contenido de grasa/proteína/lactosa en leche incrementa su valor 10 centavos por litro.

**Análisis de la información.** Las variables analizadas fueron las cantidades utilizadas y el costo comercial de los ingredientes utilizados en la dieta (alfalfa, avena y ensilaje de maíz), el costo del Concentrado Nu3® y el costo del concentrado de panadería. El costo de concentrado fue la única variable que cambió en los tratamientos evaluados: la dieta a base de alfalfa, avena y ensilado de maíz; el precio del litro de leche y la producción promedio fue la misma para ambos grupos. Se consideró un precio de venta de leche de cabra de \$9.20 por litro. La información se presenta por cabra y fue analizada en un periodo de cinco semanas, las que duró el tratamiento.

## Resultados

**Eficiencia de costos.** La búsqueda de opciones que permitan mantener una producción estable de leche y carne en cabras es una línea de trabajo en la cual se requiere profundizar; para nuestro estudio, se realizó un análisis de eficiencia económica que se obtiene al incluir el uso de concentrado de panadería como una alternativa al concentrado comercial (Nu3®). Al tener un costo menor el concentrado de panadería se obtiene una eficiencia económica del 11.68 % dentro de la dieta total (\$7.71/kg en comparación con \$8.73/kg), lo cual permite tener un ahorro de \$35.70 por cabra al utilizar el concentrado de panadería (Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos de suplemento y eficiencia económica de la alimentación en cabras multíparas Alpina francesa y Saanen durante la lactación tardía.

Variabes	T-CTL (Nu3®)	T-BP (panadería)
Costo del suplemento (\$/día)*	2.82	1.80
Costo dieta + suplemento (\$/día)**	8.73	7.71
Número de animales	21.00	21.00
Costo alimentación total (\$)***	6,416.55	5,666.85
Eficiencia de costos (\$/cabra)****	305.55	269.85

\*Considerando un costo de \$6.0/kg de residuos de panadería, \$9.4/kg de concentrado comercial y consumo de 300 gr de concentrado/cabra/día. \*\* Costo de la dieta total por tratamiento por día. \*\*\* Costo de alimentación total por tratamiento (costo por dieta por número de cabras por periodo de tratamiento). \*\*\*\* Costo alimentación total/número de animales.



En el estudio realizado se analizaron los ingresos brutos obtenidos por la venta de leche de cabra; durante el tratamiento no se encontraron diferencias entre los grupos estudiados, de tal forma que para obtener el ingreso bruto se multiplicó la producción promedio de cada grupo por el número de cabras y el total de días que duro el experimento, de esta forma se obtuvo una producción promedio de 246.56 litros de leche, la cual se vende a un precio de \$9.20 por litro. El ingreso bruto obtenido por cabra durante el periodo de análisis fue de \$246.56, y al utilizar este dato con el costo promedio de alimentación existente en cada tratamiento se obtuvo una relación beneficio costo de 0.81 en el tratamiento a base de concentrado comercial Nu3®. Con el tratamiento a base de concentrado, proveniente de panaderías, se obtuvo una relación beneficio costo de 0.91. Es decir, al utilizar concentrado comercial se dejan de ganar 20 centavos por cada peso que invierte el productor; en contraste, el grupo que utilizó concentrado de panadería deja de ganar 10 centavos por cada peso invertido (Cuadro 3).

Cuadro 3. Relación beneficio costo por cabra por tipo de tratamiento durante la lactación tardía.

Variables	T-CTL (Nu3®)	T-BP (panadería)
Costo total alimentación (\$)	305.55	269.85
Producción de leche (lts)**	26.8	26.8
Ingreso bruto total (\$) **	246.56	246.56
Relación beneficio costo (\$)***	0.81	0.91

\* 5.36 lts/cabra/semana. \*\* \$9.2/lts leche de cabra. \*\*\* Ingreso bruto/costo total.

## Discusión

Los sistemas caprinos en México se desarrollan fundamentalmente en ambientes de condiciones ambientales críticas; zonas semi desérticas y por productores de ingresos limitados (Salinas-González et al., 2016). De tal forma que buscar alternativas de alimentación de menos costo es una de las prioridades de diferentes grupos de investigación. En nuestro estudio, la producción de leche promedio no varió para ambos grupos y fue en promedio de 766 ml/día para ambos tratamientos durante el periodo de análisis. Estos resultados contrastan con el estudio realizado por Galaviz Castillo et al. (2022) quienes identificaron que la inclusión de ensilado de maguey, nopal y vaina de mezquite molida en dietas para cabras disminuyó la producción de leche. Se requiere profundizar en el análisis económico de la alimentación en particular y de la producción caprina en general, ya que la mayoría de estudios se enfoca a la caracterización del sistema (García-Bonilla et al., 2018; Ortiz-morales et al., 2021), pero falta investigar sobre el análisis de rentabilidad y sobre todo de alternativas que permitan tener una producción sostenible. Adicionalmente, es necesario realizar un análisis económico dado que el concentrado basado en residuos de panadería es 37% más económico que el concentrado comercial (Nu3®). Esto podría ser una alternativa de insumo para la producción de leche en cabras.



## Conclusión

Aún y cuando no existieron diferencias en cuanto a peso y producción de leche en los tratamientos, se logró identificar que, con el uso de concentrado, proveniente de panaderías, se logró una mayor eficiencia económica, ya que se logró disminuir en un 11.68 % el costo total de alimentación por cabra durante el tratamiento analizado. De la misma forma, contribuye a que el grupo alimentado con este concentrado dejara de ganar solo 10 centavos en contraste con 20 centavos que dejó de ganar en el tratamiento alimentado con concentrado comercial (Nu3®). Se concluye que es necesario llevar a cabo mayores estudios de costos e ingresos mediante seguimiento económico de unidades representativas para poder profundizar en indicadores de rentabilidad en la producción de leche y carne de caprino con pequeños productores.

## Agradecimientos

A **Forrajes Montenegro** en San Luis Potosí por la “donación” de los bultos de alimento. Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido.

## Referencias

- Almendarez Castro, K.L., Rescendiz Trejo, A. Hernández-Arteaga, L.E.S., Flores-Nájera, M.J., Cuevas-Reyes, V. Vázquez-García, J.M., Ballesteros Rodea, G. García-Mendoza, A., Villareal Rostro, D.M., Rosales-Nieto, C.A. 2022. Eficiencia materna de hembras caprinas empadradas a los 9 meses: calidad de calostro. VI Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional sobre Recursos Bioticos de Zonas Áridas.
- Castillo-Gutierrez, D., Hernández-Arteaga, L.E.S., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Vázquez-García, J.M., Loredó-Osti, C., Beltrán-López, S., Ballesteros-Rodea, G., Gonzalez-Bulnes, A., Meza-Herrera, C.A., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Methionine Supplementation during Pregnancy of Goats Improves Kids's Birth Weight, Body Mass Index, and Postnatal Growth Pattern. *Biology* 11.
- Cuevas Reyes, V., Santiago Hernandez, F., Flores Najera, M.d.J., Vazquez Garcia, J.M., Urrutia Morales, J., Hosseini-Ghaffari, M., Chay-Canul, A., Meza-Herrera, C.A., Gonzalez-Bulnes, A., Martin, G.B., Rosales Nieto, C.A., 2020. Intake of Spineless Cladodes of *Opuntia ficus-indica* During Late Pregnancy Improves Progeny Performance in Underfed Sheep. *Animals* 10, 995.
- Galaviz Castillo J. C., Rodríguez Rangel F. A., Rendón Huerta J. A., Álvarez Fuentes G., Morales Rueda J. Ángel, & García López J. C. (2022). Efecto de una dieta con base en vaina de mezquite, maguey y nopal sobre la producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras Saanen. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 21(1), e202006006
- Gámez-Vázquez, H.G., Rosales-Nieto, C.A., Urrutia-Morales, J., Mellado, M., Meza-Herrera, C.A., Vázquez-García, J.M., Hernández-Arteaga, L.E.S., Negrete-Sánchez, L.O., Loredó-Osti, C., Rivas-Jacobo, M.A., Beltrán-López, S., 2022. Effect of Replacing Sorghum Stubble with *Tillandsia recurvata* (L.) on Liveweight Change, Blood Metabolites, and Hematic Biometry of Goats. *Biology* 11, 517



- García-Bonilla, D. Violeta, Vargas-López, Samuel, Bustamante-González, Angel, Torres-Hernández, Glafiro, Calderón-Sánchez, Francisco, & Olvera-Hernández, J. Isabel. (2018). La producción de caprinos para carne en la montaña de Guerrero, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(1), 1-17.
- Mellado, M., Rodríguez, I.J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F.G., Mellado, J., García, J.E., 2020. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical Animal Health and Production* 52, 2737-2741.
- Mellado, M., Véliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., Rosales-Nieto, C.A., 2022. Effect of breed and management practices on reproductive and milking performance of rangeland goats. *Tropical Animal Health and Production* 54, 193.
- Ortiz-Morales, Oscar, Arias-Margarito, Ladislao, López-Ojeda, José Carlos, Soriano-Robles, Ramón, Almaraz-Buendía, Isaac, & Ramírez-Bribiesca, Efrén. (2021). Estudio descriptivo de la producción caprina tradicional en las regiones mixteca y valles centrales de Oaxaca, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), e2840.
- Panorama-Agroalimentario. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020 [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/)
- Salinas-González, H., de Santiago Miramontes, M.d.I.A., Valle Moysen, E.D., Maldonado Jáquez, J.A., Veliz Deras, F.G., Figueroa Viramontes, U., Requejo, L.M.I., Torres Hernández, D., Vélez Monroy, L.I., 2016. Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región lagunera, Coahuila, México. *Interciencia* 41, 763-768.
- Vázquez-García, Juan Manuel, Guerrero-Niño, Jazmín, Flores-Nájera, Manuel de Jesús, Herrera-Corredor, Camelia Alejandra, Rivas-Jacobo, Marco Antonio, Villareal-Rostro, Dulce María, Rosales-Nieto, César Augusto. 2021a. Empadre de hembras caprinas a los 9 meses: 1. Eficiencia Reproductiva. XXXIII Semana Internacional de Agronomía.
- Vázquez-García, Juan Manuel, Bravo-Bravo, Raúl, Flores-Nájera, Manuel de Jesús, Herrera-Corredor, Camelia Alejandra, Rivas-Jacobo, Marco Antonio, Villareal-Rostro, Dulce María, Rosales-Nieto, César Augusto. 2021b. Empadre de hembras caprinas a los 9 meses: 2. Comportamiento de la progenie. XXXIII Semana Internacional de Agronomía.
- Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Cuevas-Reyes, V., Rivas-Jacobo, M.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022a. Consumo de concentrado a base de residuos de panadería sobre el cambio de peso y producción de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.
- Vázquez-García, J.M., Gutiérrez-Corpus, M.F., Hernández-Arteaga, L.E., Flores-Nájera, M., Herrera-Corredor C.A., Rosales-Nieto, C.A. 2022b. Suplementación de concentrado a base de residuos de panadería durante la lactancia tardía sobre la calidad de leche en cabras. XXXIV Semana Internacional de Agronomía, Venecia, Durango, México.





## **EVALUACIÓN DE DOS COLORES DE ACOLCHADO PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN TOMATE DE INVERNADERO EN IMBABURA, ECUADOR.**

Javier Ezcequiel Colimba-Limaico\*, Sergio Zubelzu-Minguez, Leonor Rodríguez-Sinobas

Universidad Politécnica de Madrid, Grupo de Investigación Hidráulica del Riego. Puerta de Hierro, N° 2-4, Ciudad Universitaria, 28040, Madrid, España. \*Autor de correspondencia: javier.colimba.limaico@alumnos.upm.es

### **Introducción**

En los últimos 30 años ha habido un incremento considerable de la producción de tomate a nivel mundial. Por el contrario, en Ecuador ha habido una disminución en la producción de esta hortaliza (FAOSTAT, 2022). Pese a esto, en la provincia de Imbabura el cultivo de tomate bajo invernadero se ha convertido en un rubro muy importante. Sin embargo, uno de los principales problemas a los que se enfrentan los agricultores es la baja disponibilidad de agua para riego (Colimba, et al., 2022). En Ecuador ya existe un déficit de agua y, para 2035 este déficit será de 46.3% de la demanda, lo que generará conflictos entre oferta y demanda de este recurso (SENAGUA, 2019). En este sentido, desde 2019 se ha venido realizando una investigación que permita hacer un mejor aprovechamiento del agua de riego, y mejorar la eficiencia en el uso del agua (EUA) en el cultivo de tomate de invernadero. Se han realizado tres experimentos, el último de ellos tuvo la finalidad de establecer el efecto de dos colores de acolchado plástico en la EUA en el cultivo de tomate de invernadero.

### **Materiales y métodos**

El experimento se llevó a cabo en la parroquia de Natabuela, cantón Antonio Ante en la provincia de Imbabura. En un invernadero metálico tipo capilla con cubierta curva, de 24,5 m de largo y 14,5 m de ancho, con una superficie de 355 m<sup>2</sup>. El invernadero se encuentra ubicado en la latitud 0° 20' 16,67" N, y longitud 78° 12' 0,65" O, a una altitud de 2445 msnm. La zona tiene una precipitación media anual entre 630 a 1000 mm, una temperatura promedio 8°C (parte alta) y 16°C (parte baja). En general, la parroquia de Natabuela tiene seis meses secos (GAD Natabuela, 2016). El experimento tuvo lugar desde mayo a noviembre de 2019, se utilizó la variedad de tomate Pietro de crecimiento indeterminado injerto en patrón Espartano. Las plantas fueron trasplantadas a los 60 días de sembradas, la distancia entre plantas fue de 0,40 m y la distancia entre hileras fue 1,40 m. Se manejaron dos ejes por planta. Cada unidad experimental constaba de 16 plantas, y la parcela neta de 10 plantas. Se colocaron dos laterales de riego por unidad experimental, con goteros no compensados cada 0,20 m, con cuatro goteros por planta. Los factores estudiados fueron dos láminas de riego (80 y 100% ETc) y dos colores de mulch plástico (negro y plateado/negro, 45 micras de espesor), además se evaluaron dos testigos (100 y 120% ETc sin mulch). Todos los tratamientos (Cuadro 1) se evaluaron mediante un diseño factorial (2x2)+2 bajo una distribución de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones.



Cuadro1. Descripción de los tratamientos evaluados en el tercer experimento

Tratamiento	Codificación	Descripción
1	L1E2	80% ETc con mulch plateado
2	L1E3	80% ETc con mulch negro
3	L2E2	100% ETc con mulch plateado
4	L2E3	100% ETc con mulch negro
5	Testigo 1	100% ETc sin mulch
6	Testigo 2	120% ETc sin mulch

La evapotranspiración del cultivo se estimó con la ecuación:

$$ETc = Kc \times ETo$$

donde ETc es la evapotranspiración del cultivo, Kc el coeficiente del cultivo y ETo es la evapotranspiración de referencia, esta última fue estimada con la ecuación:

$$ETo = Epan \times Kp$$

donde Epan es la evaporación diaria medida en un tanque evaporímetro artesanal (Sivisaca, 2013; Colimba et al., 2022), y Kp es el coeficiente del tanque cuyo valor fue 1,0 (Blanco & Folegatti, 2003; Macías, 2009).

Las variables de respuesta fueron: temperatura del suelo, humedad del suelo, altura y diámetro de planta, número de frutos por planta, rendimiento, EUA, rentabilidad y las variables de calidad de los frutos pH, acidez titulable y °Brix. Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico de diseño experimental SEDEX 1.0 (Jurado, 2013). La comparación de medias se realizó mediante el test de Duncan al 5%.

## Resultados y discusión

No hubo incidencia significativa de las láminas de agua y del color de mulch en la temperatura del suelo. Sin embargo, el uso de mulch incrementó significativamente la temperatura del suelo con respecto a los testigos.

La lámina de agua incidió significativamente en la altura de planta y en el diámetro del tallo, rendimiento (Cuadro 2), °Brix y acidez titulable (Cuadro 3). Mientras que, el color del mulch plástico no incidió significativamente en ninguna de las variables de respuesta.



Cuadro2. Análisis de varianza y prueba de Duncan para: altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por planta, rendimiento y eficiencia en el uso del agua.

Descripción	Altura de planta	Diámetro de tallo	Frutos por planta	Rendimiento total	Rendimiento comercial	E.U.A. Total	E.U.A. Comercial
	(cm)	(mm)	(-)	(kg planta <sup>-1</sup> )	(kg planta <sup>-1</sup> )	(kg m <sup>-3</sup> )	(kg m <sup>-3</sup> )
<i>Tratamiento</i>							
L1E2	255,25 c 261,00	12,46 b	113,25 a 108,00	9,95 c	8,39 c	60,32 a 56,10	50,87 a
L1E3	bc	12,57 b	a 118,75	9,25 c	7,88 c	a 62,43	47,81 a
L2E2	272,25 ab	14,70 a	a 115,50	12,78 a	11,62 a	a 57,98	56,72 a
L2E3	279,25 a 267,75	14,23 ab	a 113,25	11,87 ab	10,64 ab	a 53,15	51,96 a
Testigo 1	abc	13,74 ab	a 116,50	10,88 bc	9,60 bc	a 53,73	46,87 a
Testigo 2	277,75 a	14,75 a	a	13,14 a	11,95 a	a	48,86 a
<i>Láminas de agua</i>							
L1	258,12 b	12,51 b	117,13 a 110,63	9,60 b	8,14 b	58,21 a 60,20	49,34 a
L2	275,75 a	14,46 a	a	12,33 a	11,13 a	a	54,34 a
<i>Color de mulch</i>							
E2	263,75 a	13,58 a	116,00 a 111,75	11,36 a	10,00 a	61,38 a 57,04	53,80 a
E3	270,12 a	13,40 a	a	10,56 a	9,26 a	a	49,89 a
ANOVA							
Tratamientos	*	*	ns	**	**	ns	ns
L	**	**	ns	**	**	ns	ns
E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tgo. 1 vs							
Tgo. 2	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
Tgos. Vs							
Resto	ns	ns	ns	ns	*	*	ns

L y E representan láminas de agua y color de mulch respectivamente. L1: 80% ETC; L2: 100% ETC; E2: mulch plástico color plateado; E3: mulch plástico color negro; T: Testigo; T1: 100% ETC sin mulch; T2: 120% ETC sin mulch. EUA: eficiencia en el uso del agua; \*: significativo al P<0.05; \*\*: significativo al P<0.01; ns: no significativo al P<0.05. Valores dentro de la misma columna acompañados de letras diferentes varían significativamente.



A mayor cantidad de agua hubo una mayor altura y diámetro de tallo estos resultados coinciden con los obtenidos por Al-Harbi et al. (2018). De la misma forma se obtuvo un mayor rendimiento aplicando una mayor cantidad de agua, lo que concuerda con Biswas et al. (2015). El uso de mulch plástico permitió obtener mayores rendimientos que en suelo desnudo aplicando la misma cantidad de agua, esto coincide con Martín-Closas et al. (2008), Singh et al. (2009), Singh y Kamal (2012), Biswas et al. (2015), Costa et al. (2019), Bahadur y Singh (2021), Abduwaiti et al. (2021) y Agarwal et al. (2022), quienes observaron rendimientos más altos con mulch que con suelo desnudo. En cuanto a los tratamientos, los correspondientes al 100% ETC más mulch plástico (negro o plateado/negro) junto con el testigo 2 obtuvieron el rendimiento más alto. Todos los tratamientos obtuvieron la misma EUA.

Cuadro 3. Análisis de varianza y prueba de Duncan para: altura de planta, pH, sólidos solubles totales y acidez titulable.

Descripción	pH (-)	Sólidos solubles totales (° Brix)	Acidez titulable (%)
Tratamiento			
L1E2	4,30 a	4,99 a	0,34 b
L1E3	4,25 a	5,10 a	0,38 a
L2E2	4,30 a	4,25 b	0,30 c
L2E3	4,32 a	4,30 b	0,30 c
Testigo 1	4,34 a	4,47 b	0,31 c
Testigo 2	4,31 a	4,20 b	0,30 c
Láminas de agua			
L1	4,28 a	5,04 a	0,36 a
L2	4,31 a	4,28 b	0,30 b
Color de mulch			
E2	4,30 a	4,62 a	0,32 a
E3	4,29 a	4,70 a	0,34 a
ANOVA			
Tratamientos	ns	**	**
L	ns	**	**
E	ns	ns	ns
L x E	ns	ns	ns
Tgo. 1 vs Tgo. 2	ns	ns	ns
Tgos. Vs Resto	ns	*	**

L y E representan láminas de agua y color de mulch respectivamente. L1: 80% ETC; L2: 100% ETC; E2: mulch plástico color plateado; E3: mulch plástico color negro; T: Testigo; T1: 100% ETC sin mulch; T2: 120% ETC sin mulch. \*: significativo al  $P < 0.05$ ; \*\*: significativo al  $P < 0.01$ ; ns: no significativo al  $P < 0.05$ . Valores dentro de la misma columna acompañados de letras diferentes varían significativamente.



En cuanto a los parámetros de calidad, con la lámina de 80% ETc se obtuvieron los valores más altos de °Brix y acidez titulable. Lo que indica que al aplicar menos cantidad de agua se obtiene una mayor cantidad de °Brix y un mayor porcentaje de ácido cítrico en los frutos de tomate, esto concuerda con Patanè et al. (2011), Kuscu et al. (2014), Agbemafle et al. (2014), Abdel-Razzak et al. (2016). En cuanto a los tratamientos los correspondientes al 80% ETc más mulch plástico (negro o plateado/negro) obtuvieron los valores más altos de °Brix, con el 80% ETc más mulch plástico negro se obtuvo el valor más alto de acidez titulable, finalmente ninguno de los tratamientos incidió significativamente en el pH.

En lo referente a la rentabilidad, el Testigo 2 obtuvo una mayor relación Beneficio/Costo (0,88) seguido de los tratamientos L2E2 y L2E3 con 0,77 y 0,65, respectivamente. El tratamiento L1E3 presenta la menor rentabilidad de todos con una relación Beneficio/Costo de 0,29.

## Conclusiones

El uso de mulch plástico ya sea negro o plateado, permitió obtener el mismo rendimiento que en suelo desnudo, utilizando un 20% menos de agua.

El uso de mulch plástico no consiguió incrementar la eficiencia en el uso del agua. Pese a obtener estadísticamente el mismo rendimiento, con el 120% ETc sin mulch se obtuvo una mayor relación Beneficio/Costo que los tratamientos de 100% ETc más mulch.

## Referencias

- Abdel-Razzak, H., Wahb-Allah, M., Ibrahim, A., Alenazi, M., Alsadon, A. (2016). Response of cherry tomato to irrigation levels and fruit pruning under greenhouse conditions. *JAST*, 18, 1091 – 1103.
- Abduwaiti, A., Liu, X., Yan, Ch., Xue, Y., Jin, T., Wu, H., He, P., Bao, Z., Liu, Q. (2021). Testing Biodegradable Films as Alternatives to Plastic-Film Mulching for Enhancing the Yield and Economic Benefits of Processed Tomato in Xinjiang Region. *Sustainability*, 13, 3093. <https://doi.org/10.3390/su13063093>
- Agarwal, A., Prakash, O., Sahay, D., Bala. M. (2022). Effect of organic and inorganic mulching on weed density and productivity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. of Agric. and Food Research*, 7(2022) 100274. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100274>
- Agbemafle, R., Owusu-Sekyere, J., Bart-Plange, A., Otchere, J. (2014). Effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. of Agric. and Food Research*, 7(2022) 100274. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100274>
- Al-Harbi, A., Al-Omran, A., Alqardaei, T., Abdel-Rassak, H., Alharbi, K., Obadi, A., Saad, M. (2018). Grafting affects tomato growth, productivity, and water use efficiency under different water regimes. *J. of Agric. Sci. and Technology*, 20(6), 1227-1241.
- Bahadur, A., Singh, J. (2021). Optimization of Tensiometer-Based Drip Irrigation Scheduling and Its Effect on Growth, Yield and Water Use Efficiency in Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Agric. Res.* 10(4), 675-681. <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00529-5>



- Biswas, S., Akanda, A., Rahman, M., Hossain, M. (2015). Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato. *Plant Soil Environ.*, 61(3), 97-102. <https://doi.org/10.17221/804/2014-PSE>
- Blanco, F. y Folegatti, M. (2003). Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse. *Rev. Bras. De Eng. Agrícola e Ambient.*, 7, 285-291.
- Colimba-Limaico, J. E., Zubezu-Minguez, S., Rodríguez-Sinobas, L. (2022). Optimal Irrigation Scheduling for Greenhouse Tomato Crop (*Solanum Lycopersicum* L.) in Ecuador. *Agronomy*, 12(5), 1020. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051020>
- Costa, A., Silva, J., Diotto, A., Lima, L., de Oliveira, M. (2019). Yield in tomato under two water depths and plastic mulching. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(3), e5664. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i3a5664>
- FAOSTAT. Food and Agriculture Data. Disponible online: <http://www.fao.org/faostat/es/> (Accedido el 15 de julio de 2022).
- Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de San Francisco de Natabuela. (2016). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Natabuela, Ecuador.
- Macías, R. (2009). *Estimación de la evapotranspiración del cultivo y requerimientos hídricos del tomate (Solanum lycopersicum Mill. Cv. El Cid) en invernadero*. (Tesis de Maestría), Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, México.
- Martín-Closas, M., Bach, M., Pelacho, A. (2008). Biodegradable Mulching in an Organic Tomato Production System. *Acta Horticulturae*, 767, 267-274. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.767.28>
- Jurado, M. (2013). Software Estadístico Didáctico de Diseño Experimental *SEDEX Versión 1.0*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Patanè, C., Tringali, S., Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Sci. Hort.*, 129(4), 590-596. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.030>
- SENAGUA (Secretaría del Agua). (2019). Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019-2027; SENAGUA: Quito, Ecuador. pp. 1-160.
- Singh, R., Kumar, S., Nangare, D., Meena, M. (2009). Drip irrigation and black polyethylene mulch influence on growth, yield and water-use efficiency of tomato. *African J. of Agric. Res.*, 4(12), 1427-1430.
- Singh, A., Kamal, S. (2012). Effect of black plastic mulch on soil temperature and tomato yield in mid hills of Garhwal Himalayas. *J. of Hort. and Forest.*, 4(4), 70-80. <https://doi.org/10.5897/JHF11.023>
- Sivisaca, J. (2013). *Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.



## **SEDIMENTOS EROSIONADOS POR EL VIENTO DE SUELOS DE LA COMARCA LAGUNERA BAJO CONDICIONES CONTROLADAS**

Santos Martínez-Santiago<sup>1\*</sup>; Gerardo Sergio Benedicto-Valdés<sup>1</sup>; Armando López-Santos<sup>2</sup>; Hilda Victoria Silva-Rojas<sup>3</sup>; Enrique Ojeda-Trejo<sup>1</sup>; Elsa Marcela Ramírez-López<sup>4</sup>; Julian Delgadillo-Martínez<sup>1</sup>; Cintia Anahí Schenkel<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Edafología, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Producción de Semillas, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, Ciudad Universitaria, Aguascalientes, México. <sup>5</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), AER Guatraché, La Pampa, Argentina. \*Autor correspondencia: martinez.santos@colpos.mx.

### **Introducción**

El desprendimiento, transporte y deposición de sedimentos erosionados por el viento son parte del proceso de erosión eólica del suelo (Zobeck y Van Pelt, 2011) y se han convertido en un área de interés, principalmente en las zonas áridas, debido a los efectos en las propiedades edáficas dentro del sitio que les dio origen como en el sitio de deposición (Gardner et al., 2012). Las pruebas controladas consisten en la generación artificial de sedimentos mediante aplicación de un flujo de viento a muestras de suelo en laboratorio comúnmente mediante el uso de túneles de viento (Gill et al., 2006). Este tipo de enfoques permiten la evaluación de muestras de diversos tipos de suelo y prácticas de manejo (Acosta-Martínez et al., 2004).

La Comarca Lagunera es una zona árida ubicada en el norte de México y ha sido documentada como un ecosistema frágil debido a los cambios de uso de suelo que promueven la erosión eólica y la emisión de sedimentos erosionados por el viento (Martínez-Santiago et al., 2022). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la emisión de sedimentos erosionados por el viento en un suelo agrícola y en un matorral de la Comarca Lagunera, México bajo condiciones controladas.

### **Materiales y métodos**

**Muestreo de suelo.** Se colectaron muestras de suelo de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002) bajo un patrón de zigzag a profundidad de 0 a 15 cm de un área de agrícola y de un matorral de la localidad de Bermejillo, Mapimí, Durango, México pertenecientes a la zona árida conocida como la Comarca Lagunera (Figura 1). Las muestras de suelo fueron secadas en estufa de circulación forzada de aire a temperatura de 70°C hasta peso constante. Ambos suelos fueron tamizado a 2 mm y 1 mm a fin de representar las labores agrícolas como la labranza convencional.

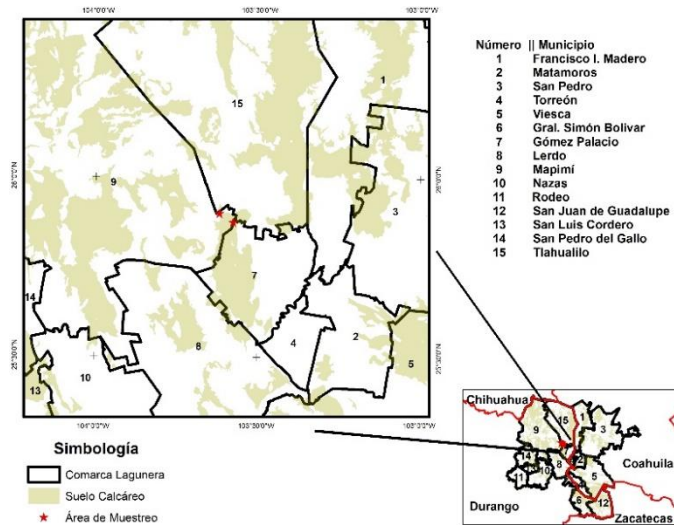


Figura 1. Sitios de muestreo de suelo en la Comarca Lagunera, México.

**Propiedades químicas y físicas del suelo.** Se determinaron las siguientes propiedades químicas: carbono orgánico del suelo (COS) mediante oxidación húmeda (Walkley & Black, 1934) y carbono inorgánico del suelo (CIS) por método de desplazamiento de agua (Horton & Newsom, 1953). Las propiedades físicas determinadas fueron: textura por el método de Bouyoucos (DOF, 2002), densidad aparente (DA) por método de terrón (Al-Shammary et al., 2018), distribución de agregados por el método de tamizado en seco y diámetro medio ponderado (DMP) (Kemper & Rosenau, 1986).

**Pruebas controladas de emisión de sedimentos erosionados por el viento.** La emisión de sedimentos erosionados por el viento se realizó mediante un túnel de viento (3 m largo x 0.5 m ancho x 1 m alto) utilizando un generador de flujo laminar. El equivalente a 1 cm de espesor de suelo fue colocado en una charola (0.295 m x 0.37 m) al interior del túnel. Por un periodo de 3 minutos, se aplicó un flujo de viento de  $75 \text{ km h}^{-1}$ , similar a la velocidad de viento máxima registrada en la Comarca Lagunera, México (Macias-Corral et al., 2020). Opuesto a la entrada del viento en el túnel, se colocó un mástil con colectores modificados de Wilson y Cooke (MWAC, por sus siglas en inglés) donde se recolectan los sedimentos emitidos a 10, 25, 50 y 85 cm respecto de la superficie.

El transporte total de sedimentos en cada simulación se calculó por la integración de la función que describe la distribución vertical del flujo horizontal de sedimento:  $f(z)$ , siendo  $z$  la altura de muestreo de los sedimentos colectados en los MWAC. Mediante el software Curve Expert (Version 2.7.1) se ajustó una ecuación entre los 10 y 85 cm y para posteriormente realizar la integración para calcular el transporte de masa horizontal de 0 a 85 cm, desde la superficie del suelo hasta los 85 cm se obtuvo a través de la integración del sedimento colectado en los MWAC mediante el software CurveExpert (Version 2.7.1).





**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey al total de sedimentos erosionados por el viento transportados utilizando el software estadístico R (Versión 3.6.1; Vienna, Austria).

## Resultados y discusión

Respecto a la textura de suelo, esta fue franco arcillosa arenosa para el suelo agrícola y franco arenosa para el de matorral. La densidad aparente fue mayor en el suelo de matorral ( $1.28 \text{ g cm}^{-3}$ ) que en el agrícola ( $1.34 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Propiedades de los suelos muestreados en la Comarca Lagunera, México.

Suelo	Textura	DA ( $\text{g cm}^{-3}$ )	DMP	COS (%)	CIS (%)
Agrícola	Franco arcillosa arenosa	1.28	0.93	0.23	7.31
Matorral	Franco arenosa	1.34	0.56	0.1	7.6

DA: densidad aparente; DMP: diámetro medio ponderado; COS: carbono orgánico del suelo; CIS: carbono inorgánico del suelo.

La cantidad de CIS fue relevante ya que supero al COS, y está relacionado con el valor de DMP que indica una estabilidad media (0.93) para el suelo agrícola y una inestabilidad (0.56) para el suelo de matorral (Cuadro 1). La distribución de agregados indica que predominan (> 66%) los agregados menores de 0.25 mm en ambos suelos (Figura 2)

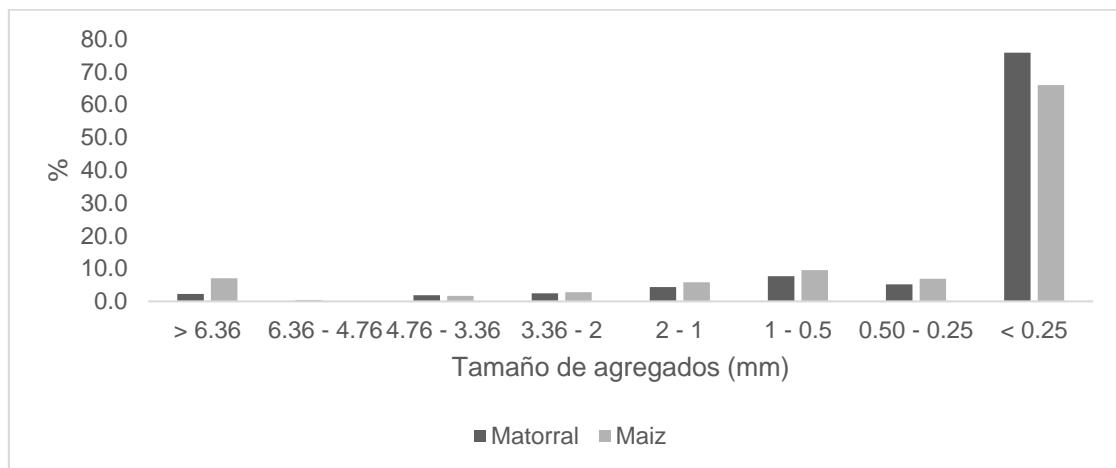


Figura 2. Distribución de agregados de suelos de la Comarca Lagunera.



El transporte total de los sedimentos erosionados por el viento tuvo un promedio general de  $16.2 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 3). Para el suelo agrícola (Figura 3 A), los sedimentos generados por el tamizado a  $1 \text{ mm}$  ( $22.72 \text{ t ha}^{-1}$ ) fueron significativamente diferente al testigo ( $11.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) y al tamizado a  $2 \text{ mm}$  ( $15.27 \text{ t ha}^{-1}$ ). Para el suelo de matorral (Figura 3 B), los sedimentos generados por los tamizados a  $2 \text{ mm}$  ( $17.18 \text{ t ha}^{-1}$ ) y  $1 \text{ mm}$  ( $18.3 \text{ t ha}^{-1}$ ) fueron significativamente diferentes al testigo ( $12.06 \text{ t ha}^{-1}$ ).

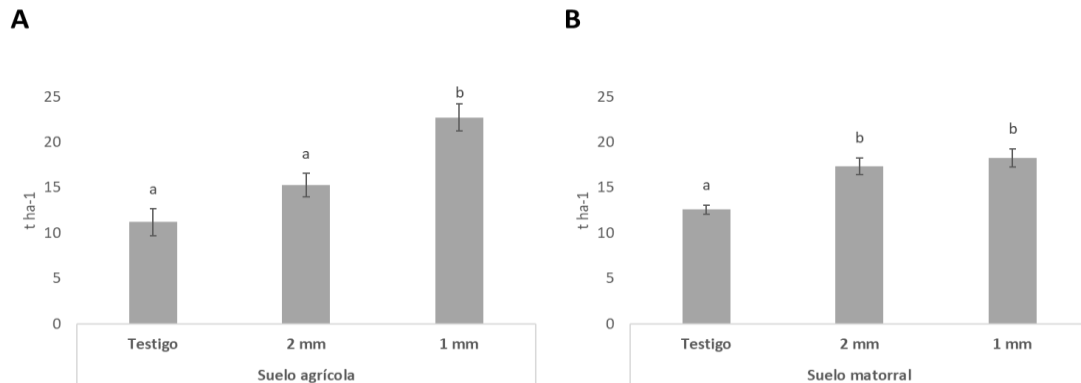


Figura 3. Sedimentos erosionados por el viento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) en suelos agrícolas (A) y en suelos de matorral (B) de la Comarca Lagunera.

Bajas condiciones en las propiedades físicas y químicas del suelo como la poca agregación de suelo, el bajo contenido de COS favorecen la generación de sedimento erosionados por acción del viento (Acosta-Martinez et al., 2015), lo cual es intensificado por la labranza, práctica que rompe los agregados aumentando su susceptibilidad al arrastre por viento (Singh et al., 2012; Bailey et al., 2013). Los resultados del presente estudio deben de ser de especial atención para los tomadores de decisiones de la Comarca Lagunera para controlar la pérdida de suelo por erosión eólica acelerada por el uso y manejo del suelo, y proteger de la degradación a áreas cercanas como la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

## Conclusiones

Las labores agrícolas, representadas por los tamizados a  $2 \text{ y } 1 \text{ mm}$  promueven el transporte de sedimentos erosionados por el viento, por lo cual es necesario implementar medidas de control. Las pruebas controladas de emisión de sedimentos erosionado por el viento permiten evaluar la pérdida de suelo en diferentes usos de la tierra.



## Referencias

- Acosta-Martínez, V., Van Pelt, S., Moore-Kucera, J., Baddock, M. C., & Zobeck, T. M. (2015). Microbiology of wind-eroded sediments: Current knowledge and future research directions. *Aeolian Research*, 18, 99-113.
- Acosta-Martínez, V., & Zobeck, T. M. (2004). Enzyme activities and arylsulfatase protein content of dust and the soil source: Biochemical fingerprints?. *Journal of environmental quality*, 33(5), 1653-1661.
- Al-Shammary, A. A. G., Kouzani, A. Z., Kaynak, A., Khoo, S. Y., Norton, M., y Gates, W. (2018). Soil bulk density estimation methods: A review. *Pedosphere*, 28(4), 581-596.
- Bailey, A., Deasy, C., Quinton, J., Silgram, M., Jackson, B., & Stevens, C. (2013). Determining the cost of in-field mitigation options to reduce sediment and phosphorus loss.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2002). NOM-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. México.
- Gardner, T., Acosta-Martínez, V., Calderón, F. J., Zobeck, T. M., Baddock, M., Van Pelt, R. S., ... & Cox, S. (2012). Pyrosequencing reveals bacteria carried in different wind-eroded sediments. *Journal of environmental quality*, 41(3), 744-753.
- Gill, T. E., Zobeck, T. M., & Stout, J. E. (2006). Technologies for laboratory generation of dust from geological materials. *Journal of hazardous materials*, 132(1), 1-13.
- Horton, J. H., y Newsom, D. W. (1953). A rapid gas evolution method for calcium carbonate equivalent in liming materials. *Soil Sci Soc Am J*, 17(4), 414.
- Kemper, W. D., y Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 425-442.
- Macías-Corral, M. A., Esquivel-Arriaga, G., y Sánchez-Cohen, I. (2020). Potential of wind erosion and dust emission in an arid zone of northern Mexico: A simple assessment method. *Rev Bras Cienc Solo*, 44.
- Martínez-Santiago, S., Benedicto-Valdés, G. S., López-Santos, A., Silva-Rojas, H. V., Ojeda-Trejo, E., & Ramírez-López, E. M. (2022). CO<sub>2</sub> emission affected by moisture content and aggregate sizes in a calcareous soil of Comarca Lagunera, Mexico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46.
- Singh, P., Sharratt, B., & Schillinger, W. F. (2012). Wind erosion and PM<sub>10</sub> emission affected by tillage systems in the world's driest rainfed wheat region. *Soil and Tillage Research*, 124, 219-225.
- Walkley, A., y Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Zobeck, T. M., & Van Pelt, R. S. (2011). Wind erosion. *Soil management: Building a stable base for agriculture*, 209-227.



## IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ZONAS ÁRIDAS MEDIANTE ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. CASO DE ESTUDIO: REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA NOROESTE, MÉXICO.

Lidia Yadira Pérez-Aguilar<sup>1\*</sup>, Wenseslao Plata-Rocha<sup>2</sup>, Sergio Alberto Monjardin-Armenta<sup>2</sup>, Evangelina Avila-Aceves<sup>2</sup>, Yedid Guadalupe Zambrano-Medina<sup>2</sup>, Edgar Rubén Montiel-Andrade<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Los Mochis 81223, México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80013, México. \*Autor de correspondencia: lidiaperez@uas.edu.mx

### Introducción

Las regiones áridas y semiáridas cubren aproximadamente el 43% de la superficie terrestre (FAO, 2020; Quichimbo et al., 2020; Reed et al., 2012), caracterizándose por una disponibilidad limitada de agua (Dunkerley, 2020), aumento y disminución significativo de temperatura y precipitación (FAO, 2020). En este sentido las zonas áridas son aquellas regiones que reciben una precipitación anual menor a 200 mm, y semiáridas entre 200 y 500 mm (Gaur & Squires, 2017; Sánchez-Cano, 2019), existiendo una escasez de agua y humedad en el aire y el suelo (Diéguez et al., 2014; Velasco & Pimentel, 2010). En México, las zonas áridas y semiáridas abarcan más de la mitad del (CONAFOR, 2015; SAGARPA & SIAP, 2014; SEMARNAT, 2014) y más de 40% de la población nacional se concentra en estas regiones (Briones et al., 2018). El índice de aridez (IA), se utiliza para estimar las condiciones de déficit hídrico de las tierras secas (D'Odorico et al., 2013) y uno de los más utilizados es el desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) (UNEP, 1997), el cual clasifica a las tierras secas en regiones hiperáridas ( $IA < 0.05$ ), áridas ( $0.05 < IA < 0.2$ ), semiáridas ( $0.2 < IA < 0.5$ ), subhúmedas secas ( $0.5 < IA < 0.65$ ) y húmedas ( $IA > 0.65$ ) (Díaz-Padilla et al., 2011). Así mismo, las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) han sido muy utilizadas en la toma de decisiones para evaluar de la idoneidad de la tierra en la planificación espacial en regiones áridas (Akbari et al., 2019a; Aldababseh et al., 2018; Charabi & Gastli, 2011a). El Método de Jerarquía Analítica (AHP- Analytic Hierarchy Process por sus siglas en inglés) es utilizado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y se basa en el modelo de ponderación para establecer comparaciones de alternativas por pares y de esta manera obtener los respectivos pesos de los factores (Charabi & Gastli, 2011b). Por su parte, el método de combinación lineal ponderada (WLC - weighted linear combination por sus siglas en inglés), es utilizado para combinar un conjunto de mapas de criterios, y de esta manera estandarizar la idoneidad de los factores, asignarles pesos de importancia relativa y combinarlos para obtener una puntuación de idoneidad (Akbari et al., 2019b; Ullah & Mansourian, 2016). Por lo tanto, y dada la necesidad de diferentes sectores de contar con mapas actualizados de zonas áridas y semiáridas de México, el objetivo principal de este estudio fue identificar y clasificar zonas áridas en la Región Hidrológico-Administrativa (RHA) Noroeste utilizando una metodología, que incluyó técnicas de EMC, AHP, WLC y SIG, aplicables a nivel nacional, así como también, obtener indicadores a nivel municipal de estas regiones para lo cual se utilizaron variables de tipo ambiental y territorial.



## Materiales y métodos

El área de estudio comprende la RHA Noroeste ubicada al noroeste de México. Limita al norte con los Estados Unidos de América, al noroeste con los estados de Baja California, Baja California Sur y el Golfo de California, al sur con Sinaloa y al Este con Chihuahua, cubre una superficie total de 197,586 km<sup>2</sup> (10.5% de la superficie del país). Comprende las entidades federativas de Sonora con 170,159 km<sup>2</sup> (86%) y parte de Chihuahua 25,660 km<sup>2</sup> (14%) (INEGI, 2021).

La metodología utilizada en este trabajo para identificar y clasificar zonas áridas está basada en el trabajo realizado por Perez-Aguilar et. al. (2021), el cual consistió en un modelo geoespacial basado en EMC, la cual se definieron variables de tipo ambientales y territoriales (temperatura superficial, humedad del suelo, precipitación, pendientes, orientaciones, NDVI y evapotranspiración) que intervienen en el proceso de aridez descargables de plataformas de uso libre. Seguidamente, se llevó a cabo el procesamiento de los datos, realizando la estandarización de acuerdo a las especificaciones técnicas del modelo y de la máscara de restricción de área de estudio, tales como corrección, reproyección, resolución espacial y número de renglones y columnas. Posteriormente, se realizó la normalización de las variables, aplicando técnicas de lógica difusa, para obtener valores de mayor a menor probabilidades a presentar aridez. Seguidamente, se estableció el nivel de importancia de los factores mediante la técnica AHP, en la cual, de acuerdo al en la escala de jerarquías de importancia de Saaty, se obtuvo el peso para cada uno de ellos. Finalmente se utilizó la técnica WLC para la integración de los factores, la cual consiste en sumar el resultado de multiplicar el valor de cada pixel por el peso ponderado individual, el resultado fue un mapa de vulnerabilidad a aridez, al cual se le aplicó la clasificación basada en el índice de aridez (IA) propuesto por la UNEP para obtener un mapa de zonas áridas que indican el nivel de aridez para la región de estudio (Figura 1). A partir del mapa de regiones áridas, se obtuvieron indicadores a nivel municipal.

## Resultados y discusión

Como resultado de la normalización de las variables mediante el método de lógica difusa a una escala de 0 a 1 byte, se obtuvo los factores normalizados (Figura 2).

El análisis temporal y los datos obtenidos mostraron que el 54.84% representan zonas áridas, mismas que se localizan al noroeste de la RHA, estas regiones se encuentran dentro del desierto de Sonora, en las cuales predominan los climas de tipo seco y semiseco. A su vez, las regiones semiáridas cubren un 43.78% de superficie, mismas que se localizan en su mayoría en la zona centro del área de estudio. Por su parte, las regiones subhúmedas secas y húmedas cubren el 1.18% y -1% respectivamente, mismas que se encuentran al sureste de la región y ubicadas en su mayor parte en el estado de Chihuahua (Figura 3).

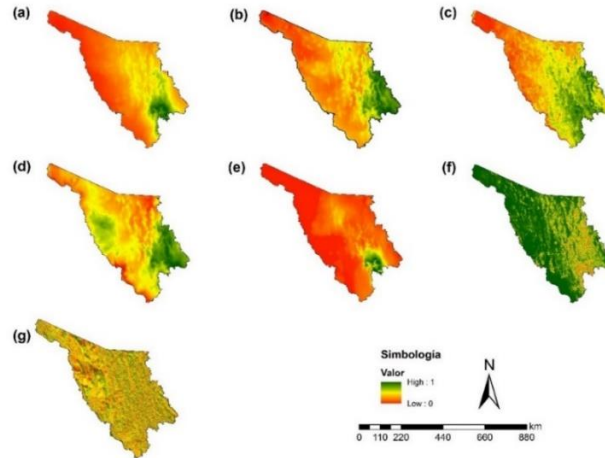


Figura 2. Factores obtenidos como resultado de la normalización. Leyenda: a) Precipitación, b) Temperatura, c) NDVI, d) Evapotranspiración, e) Humedad, f) Pendientes, g) Orientaciones.

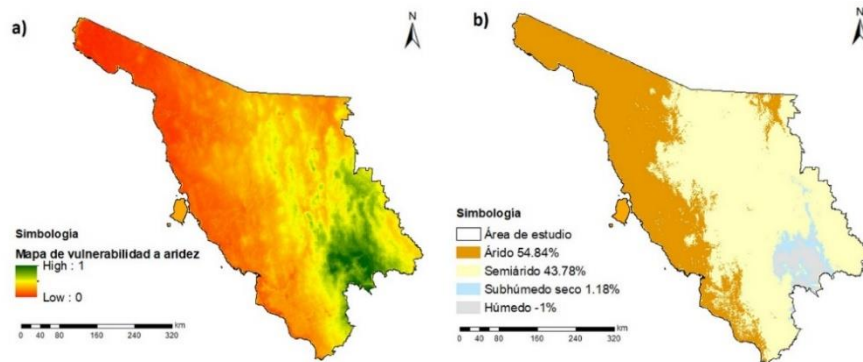


Figura 3. a) Mapa de vulnerabilidad a aridez. b) Mapa de regiones áridas

En el cuadro 1 se muestran los indicadores resultantes para cada región, donde se puede observar que en la RHA Noroeste predominan las regiones áridas y semiáridas con superficie 112,645 km<sup>2</sup> y 89,913 km<sup>2</sup> respectivamente, así mismo, las regiones subhúmedas secas y subhúmedas representan menos del 2%.

Cuadro 1: Indicadores de superficies y porcentuales de las regiones áridas.

Categoría	Superficie	
	km <sup>2</sup>	%
Árido	112,645.97	54.84
Semiárido	89,913.94	43.78
Subhúmedo seco	2,427.304	1.18
Húmedo	404.18	0.20



Por su parte, se obtuvieron indicadores geospaciales de aridez a nivel municipal, donde se retomaron los municipios con mayor superficie de cada categoría, los cuales se muestran en la figura 4, donde el color azul representa los municipios con mayor superficie de regiones áridas, rojo semiáridas y verde las regiones subhúmedas secas y húmedas.

Se obtuvieron también, indicadores cuantitativos de regiones áridas a nivel municipal (Cuadro 2), donde se muestran los municipios con mayor superficie por cada categoría.

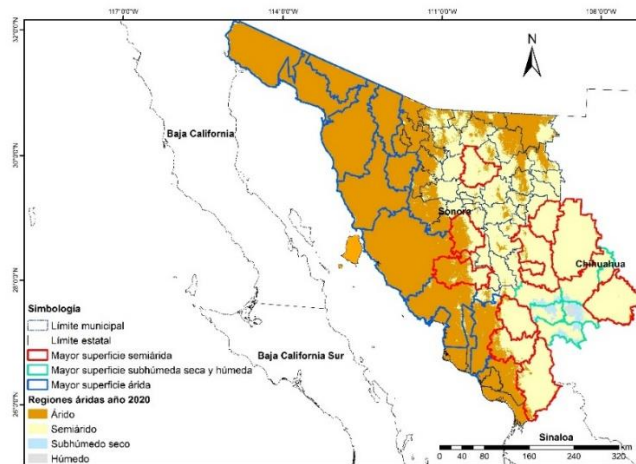


Figura 4. Municipios con mayor superficie de categorías de regiones áridas. Azul: áridas, rojo: semiáridas, verde: subhúmedas secas y húmedas

Cuadro 2: Indicadores cuantitativos de superficies áridas por municipios.

Municipio	Árido (km <sup>2</sup> )	Municipio	Semiárido (km <sup>2</sup> )	Municipio	Sub húmedo seco (km <sup>2</sup> )	Húmedo (km <sup>2</sup> )
Hermosillo	225,514	Madera	127,317	Temósachic	14,980	12,832
Caborca	169,131	Álamos	97,354	Madera	11,821	506
San Luis Río Colorado	138,156	Guerrero	86,120	Uruachi	11,445	16,972
Pitiquito	137,554	Sahuaripa	68,709	Yécora	10,798	15,118
Puerto Peñasco	97,727	Quiriego	58,549	Sahuaripa	9,959	1,250
Guaymas	82,013	Rosario	53,100	Moris	8,148	18,205
Altar	68,579	Arizpe	49,335	Ocampo	5,940	21,262
General Plutarco	57,431	La Colorada	48,197	Guerrero	5,675	1,224
Elías Calles	33,560	Ures	46,688	Álamos	2,617	1,693
Cajeme	33,560	Nácori Chico	44,476	Rosario	2,251	686
Trincheras	30,057					



## Conclusiones

El mapa de zonas áridas resultante proporciona información importante sobre el estado actual de las regiones secas, ya que los resultados mostraron que en la RHA Noroeste predominan zonas áridas y semiáridas, que comparados con estudios previos, no difieren mucho de la realidad, como por ejemplo el Atlas de zonas áridas de México (SAGARPA & SIAP, 2014), el mapa de climas de INEGI (INEGI, 2008) y el mapa de rangos de humedad del portal de geoinformación de CONABIO (CONABIO, 1990). Así mismo, los trabajos futuros deberían considerar analizar más a detalle otros factores como la cobertura vegetal, hidrología, clima, tipos de suelos y otros indicadores socioeconómicos en la evaluación de aridez. Finalmente, se puede decir que la metodología utilizada en este análisis se presenta como una alternativa para el estudio continuo de las regiones áridas tanto del país y aplicable a todo el mundo, ya que las variables consideradas como principales factores causantes de aridez se presentan de manera global y con esto apoyar en la toma de decisiones territorial y desarrollo de políticas públicas para mitigar el impacto de la aridez, así como también, tomar medidas de adaptación que garanticen el bienestar humano, ambiental, económico y social en esas regiones.

## Referencias

- Akbari, M., Neamatollahi, E., & Neamatollahi, P. (2019a). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 98, 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.035>
- Akbari, M., Neamatollahi, E., & Neamatollahi, P. (2019b). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 98, 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.035>
- Aldababseh, A., Temimi, M., Maghelal, P., Branch, O., & Wulfmeyer, V. (2018). Multi-criteria evaluation of irrigated agriculture suitability to achieve food security in an arid environment. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030803>
- Briones, O., Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., Pavón, N., & Perroni, Y. (2018). Biomass and productivity in mexican arid lands. *Madera y Bosques*, 24(Special Issue). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401898>
- Carballo, H. R., & Sandoval, A. P. (2007). EVALUACIÓN PARTICIPATIVA DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMI, DURANGO, MEXICO PARTICIPATORY ASSESSMENT OF THE SOIL DEGRADATION IN BIOSFERE RESERVE MAPIMI, DURANGO, MEXICO.
- Charabi, Y., & Gastli, A. (2011a). PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation. *Renewable Energy*, 36(9), 2554–2561. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.10.037>
- Charabi, Y., & Gastli, A. (2011b). PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation. *Renewable Energy*, 36(9), 2554–2561. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2010.10.037>
- CONABIO. (1990). Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [14,117]—CONABIO. Portal de Geoinformación. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONAFOR. (2015). La Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) | Innovacion Forestal. Revista Electrónica de Divulgación Científica Forestal. [https://www.conafor.gob.mx/innovacion\\_forestal/?p=2177](https://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?p=2177)





- Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Guajardo-Panes, R. A., Del Ángel-Pérez, A. L., Ruíz-Corral, A., Medina-García, G., & Ibarra-Castillo, D. (2011). Mapeo del índice de aridez y su distribución poblacional en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(Especial), 267–275. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.069>
- Diéguez, E. T., Mancera, G. M., Falcón, A. C., Garibay, A. N., Valdez Cepeda, R. D., García Hernández, J. L., & Amador, B. M. (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. *Investigaciones Geográficas*, 85(85), 66–81. <https://doi.org/10.14350/rig.32404>
- D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51, 326–344. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>
- Dunkerley, D. (2020). The Ecohydrology of Desert Environments: What Makes it Distinctive? In S. E. Michael I Goldstein, Dominick A DellaSala (Ed.), *Encyclopedia of the World's Biomes* (first, pp. 23–35). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.11803-2>
- FAO. (2020, September). Elaboración de un programa mundial sobre agricultura sostenible en zonas áridas en colaboración con el Marco mundial sobre la escasez de agua en la agricultura en un clima cambiante. COAG. <http://www.fao.org/3/nd412es/nd412es.pdf>
- Gaur, M. K., & Squires, V. R. (2017). Geographic extent and characteristics of the world's arid zones and their peoples. In *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands* (pp. 3–20). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8_1)
- INEGI. (2008). Climatología. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- INEGI. (2021). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. INEGI; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/>
- Perez-Aguilar, L. Y., Plata-Rocha, W., Monjardin-Armenta, S. A., Franco-Ochoa, C., & Zambrano-Medina, Y. G. (2021). The Identification and Classification of Arid Zones through Multicriteria Evaluation and Geographic Information Systems—Case Study: Arid Regions of Northwest Mexico. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2021, Vol. 10, Page 720, 10(11), 720. <https://doi.org/10.3390/IJGI10110720>
- Quichimbo, E. A., Singer, M. B., & Cuthbert, M. O. (2020). Characterising groundwater–surface water interactions in idealised ephemeral stream systems. *Hydrological Processes*, 34(18), 3792–3806. <https://doi.org/10.1002/hyp.13847>
- Reed, S. C., Coe, K. K., Sparks, J. P., Housman, D. C., Zelikova, T. J., & Belnap, J. (2012). Changes to dryland rainfall result in rapid moss mortality and altered soil fertility. *Nature Climate Change*, 2(10), 752–755. <https://doi.org/10.1038/nclimate1596>
- SAGARPA, & SIAP. (2014). Atlas de las Zonas Áridas de México. SAGARPA. <https://www.gismexico.com/azam/azam.html>
- Sánchez-Cano, J. E. (2019). Desarrollo sostenible de zonas áridas y semiáridas frente al cambio climático (UJED, Ed.; Primera).
- SEMARNAT. (2014). El Medio Ambiente en México 2013-2014. SEMARNAT. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/03\\_suelos/3\\_3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_3.html)
- Ullah, K. M., & Mansourian, A. (2016). Evaluation of Land Suitability for Urban Land-Use Planning: Case Study Dhaka City. *Transactions in GIS*, 20(1), 20–37. <https://doi.org/10.1111/TGIS.12137>
- UNEP. (1997). *World Atlas of Desertification* (2da ed.). Oxford University Press.
- Velasco, I., & Pimentel, E. (2010). Zonificación agroclimática de Papadakis aplicada al estado de Sinaloa, México. *Investigaciones Geográficas*, 73, 85–102.



VI CONGRESO INTERNACIONAL XVIII CONGRESO NACIONAL  
SOBRE  
RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS

Carteles



## PAQUETE TECNOLÓGICO DEL PRODUCTOR DE MAÍZ GRANO EN LA REGIÓN MENONITA DE CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA

Mercedes Borja Bravo<sup>1\*</sup>, Lizeth Karina López Urzua<sup>1</sup>, Jesús Manuel Ochoa Rivero<sup>2</sup>, Sergio Arellano Arciniega<sup>1</sup>, Omar Castor Ponce García<sup>3</sup>, Zaira Denisse Torres Máñez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP – Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. <sup>2</sup>INIFAP- Campo Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua, México. <sup>3</sup>INIFAP – Sitio Experimental Sierra de Chihuahua, Chihuahua, México. \*Autor de correspondencia: borja.mercedes@inifap.gob.mx

### Introducción

En Chihuahua el cultivo de maíz se produce como forraje para la alimentación de ganado y el grano se comercializa en la industria. Los municipios de Cuauhtémoc, Bachíniva, Cusihuriachi, Riva Palacio, Guerrero y Namiquipa, conforman el distrito de Cuauhtémoc que es una región importante en la producción de grano de maíz amarillo. En esta zona del estado se siembra una superficie promedio de 81,600 ha de maíz, las cuales se establecen en condiciones de riego, obteniendo un rendimiento medio de 10.6 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2022). En 2021, los municipios con mayor superficie sembrada de maíz amarillo fueron Cuauhtémoc (46.5 %) y Namiquipa (33.9 %), con rendimientos medios de 11.05 y 10.62 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (SIAP, 2022). Si bien estos municipios reportan un buen rendimiento, la región de Cuauhtémoc y gran parte de las áreas de riego en la región Norte Centro de México, tienen potencial de aprovechamiento para producir más de 14.0 t ha<sup>-1</sup> de esta gramínea (SAGARPA, 2017).

La productividad de maíz grano en el distrito de Cuauhtémoc se ve afectada por los altos costos del sistema de producción especialmente con relación al uso de fertilizantes químicos, agua de riego y a las labores de preparación de suelo (Álvarez *et al.*, 1998). Por lo anterior, es necesario identificar los sistemas de producción que realizan los productores en esta región del estado, con la finalidad de transferir tecnología que contribuya a mejorar la productividad del cultivo y eficiente el uso de los recursos naturales y productivos; sin embargo, para poder establecer una estrategia adecuada es importante realizar un diagnóstico sobre la identificación de las prácticas y actividades que llevan a cabo en los sistemas de producción. Es así como, el objetivo del trabajo fue realizar una caracterización del paquete tecnológico del productor de maíz grano en el distrito de Cuauhtémoc en Chihuahua, con el propósito de tener elementos para orientar la investigación y transferencia de tecnología.

### Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la zona menonita del estado de Chihuahua, en los municipios: Cuauhtémoc, Bachíniva, Namiquipa, Cusihuriachi, Guerrero y Riva Palacio. El área presenta altitudes superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm); la precipitación pluvial promedio histórica anual de 400 a 500 mm (INAFED, 2020).



Esta investigación fue del tipo no experimental-transeccional descriptiva, en el cual se recolectaron datos para describir variables y analizar su incidencia e interrelación en el momento dado (Hernández *et al.*, 2000). La información se recopiló mediante una encuesta aplicada a productores menonitas de maíz amarillo para grano. El tamaño de muestra se obtuvo utilizando la fórmula de muestreo aleatorio simple sin reemplazo, considerando la varianza máxima (Borja *et al.*, 2018). Matemáticamente, la fórmula fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N - 1) e^2 + Z^2 p q}$$

Donde n fue el tamaño de muestra; N la población (839); Z fue el valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza de 95%; p el valor de la proporción priori de varianza máxima de una variable de proporción (0.5); y e fue el error máximo permisible de la estimación, en este caso 10%. El tamaño de muestra estimado fue de 102 productores. El levantamiento de encuestas se realizó durante los meses de mayo a octubre de 2021. Para el análisis de la información, se ordenaron las bases de datos en el programa Excel 2016 y se realizó el análisis utilizando estadística descriptiva. Se identificaron las principales actividades y prácticas que realizan los productores, así como los coeficientes técnicos y costos. Finalmente, se estimó el indicador de Relación Beneficio Costo para determinar la rentabilidad de los sistemas de producción.

## Resultados y discusión

**Características sociodemográficas de los productores menonitas encuestados.** El total de los productores de maíz encuestados fueron hombres con una edad promedio de 48.5 ( $\pm 12.5$ ) años, la cual varía en un rango de 20 a 76 años. El 77 % de los productores tienen únicamente educación primaria, 11 % estudiaron secundaria, 1 % preparatoria y 11 % no tuvieron estudios. Los productores entrevistados tuvieron, en promedio, 24.7 ( $\pm 13.3$ ) años dedicándose a cultivar maíz; sin embargo, existen registros de personas con 66 años de experiencia en la actividad. El total de los productores se dedica a las actividades agrícolas y el 60.4 % mencionó que el total de sus ingresos dependía de la agricultura, 35 % combina las actividades de la ganadería con la agricultura y algunos complementan sus ingresos con otras fuentes de ingreso.

**Características productivas.** Los productores encuestados tuvieron en promedio una superficie cultivable de 131  $\pm 104$  ha, y la superficie osciló entre 5 a 600 ha por productor. El 74 % de los productores encuestados mencionaron que sus parcelas pertenecen al régimen de pequeña propiedad y el resto son ejidales. En el distrito de Cuauhtémoc se utilizan híbridos de maíz amarillo y lo riegan por gravedad o aspersión (Figura 1). La fuente de agua proviene de pozo propio o colectivos.



Figura 1. Riego por gravedad y pivote central.

**Labores culturales.** El barbecho y/o subsuelo fueron dos actividades que se realizan frecuentemente como parte de la preparación del terreno; estas prácticas se complementan con el rastreo del terreno. La siembra fue en hilera sencilla con sembradoras de precisión, se establecen un promedio de 90,000 plantas por hectárea. Solo el 72% de los productores realiza la nivelación de su terreno. El 88 % de los productores aplican vía aérea los agroquímicos; sin embargo, la aplicación de estiércol, composta o biofertilizantes solo la realizan entre un 2 y 3 % de los productores entrevistados como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Labores culturales que realizan los productores menonitas en el cultivo de maíz.

Actividades	Frecuencia		Porcentaje (%)	
	SI	NO	SI	NO
<b>Labores mecanizadas</b>				
Barbecho	91	11	89	11
Subsuelo	59	43	58	42
Rastreo	102	0	100	0
Nivelación	74	28	73	27
Surcado	97	5	95	5
Escarda	102	0	100	0
Fertilización mecánica	102	0	100	0
Aplicación mecánica de Insecticidas	102	0	100	0
Aplicación mecánica de herbicidas	102	0	100	0
Aplicaciones aéreas de agroquímicos	90	12	88	12
Desgrane	102	0	100	0
<b>Insumos agrícolas</b>				
Fertilización química	102	0	100	0
Insecticidas	102	0	100	0
Fungicidas	18	84	18	82
Herbicidas	102	0	100	0
Aplicación de estiércol	2	100	2	98
aplicación de composta	3	99	3	97
uso de biofertilizantes	2	100	2	98



Como se muestra en el Cuadro 2, el 100% de los productores fertilizaron el cultivo con nitrógeno, el 76% aplicó fósforo y solo el 47% realizaron una aplicación de micronutrientes. Los principales productos agroquímicos que utilizaron urea, sulfato, fosfato y cloruro de potasio en la nutrición del cultivo. El desarrollo de sistemas integrales para el manejo de la fertilización durante el desarrollo y sanidad del cultivo pueden incrementar los rendimientos por hectárea (Zamudio *et al.*, 2015)

Cuadro 2. Productos químicos utilizados por los productores menonitas de maíz

Fertilizante	Insecticida	Herbicida	Fungicida
11-52-00 (MAP)	Bemgus	Agrofuron	Azure xtra
18-46-00 (DAP)	Clavis	Atrazina	Consist
Cloruro de Potasio	Cipermetrina	Convey	Teboxy
K-MAG	Demin (Bensoato)	Sempra	Triax-z
Sulfato de Amonio	Palgus	Gesaprim	
Sulfato de Potasio	Coragen	Laudis	
Sulfato de Zinc	Clorpirifos		
UREA	Monitor 600		

Las plagas que afectaron al maíz fueron el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y araña roja (*Tetranychus urticae*). Los productores realizan control de plagas con productos químicos entre los que utilizaron están bemgus y palgus (Cuadro 2). Los productores aplicaron herbicidas para el control de malezas, utilizaron productos comerciales como "laudis", "convey" y "sempra" y solo el 18 % aplicaron fungicidas.

**Cosecha.** La cosecha se realizó de forma mecánica por la extensión de tierra que cultivan. Los productores obtuvieron un rendimiento promedio de 13.5 t ha<sup>-1</sup> de maíz amarillo, el rendimiento mínimo y máximo mencionado por los encuestados fue de 11.6 y 15.2 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. De acuerdo al SIAP (2022) en el estado de Chihuahua obtienen rendimientos de 8 t ha<sup>-1</sup>, lo anterior indica que los productores menonitas del distrito de Cuauhtémoc tienen rendimientos altos al superar la media nacional y estatal en más de 30%. Peña *et al.* (2015) mencionaron que para incrementar la productividad del cultivo es fundamental generar información para los productores con respecto a mejorar el nivel de tecnificación en la aplicación de los riegos, fertilización, selección de los híbridos más productivos, así como el manejo agronómico.

**Costos de producción.** En el Cuadro 3 se observan el costo de producción de maíz amarillo con la tecnología de los productores menonitas para el ciclo agrícola p-v 2021. De acuerdo al manejo del cultivo, los costos fueron de \$42,069. El gasto mayor fue en insumos agrícolas, que representó el 55 % de los costos totales, seguido de las labores mecanizadas con el 30.5 % y la mano de obra 11.6 %, el resto fue atribuido a otros gastos.



Los problemas que enfrentan los productores menonitas son los altos costos de producción del cultivo y los precios bajos de venta, así como los costos de la electricidad para la extracción de agua para riego, Reyes et al., (2022) mencionaron que la oferta de maíz puede aumentar si el gobierno incide en subsidios a insumos como los fertilizantes. Los problemas identificados en el distrito de Cuauhtémoc son similares a los que enfrenta el cultivo en otras zonas del país, destacando los altos costos de producción y el precio bajo para comercializar el grano (Moctezuma et al., 2010).

Cuadro 3. Costos de producción del maíz amarillo para grano en el Distrito de Cuauhtémoc, Chihuahua.

Actividades	Unidades	Costo (\$ ha)
<i>Labores mecanizadas</i>		
Barbecho	Servicio	1,168
Subsuelo	Servicio	1,145
Rastreo	Servicio	1,326
Nivelación	Servicio	767
Surcado	Servicio	751
Siembra	Servicio	703
Escarda	Servicio	1,220
Fertilización mecánica	Servicio	1,828
Aplicación de Insecticidas mecánica	Servicio	1,500
Aplicación de herbicidas mecánica	Servicio	800
Aplicación aérea	Servicio	350
Desgrane mecánico	Servicio	1,250
<i>Insumos agrícolas</i>		
Semilla	Kg	3,700
Fertilización química	Dosis	11,350
Control de plagas y enfermedades	Dosis	1,320
Control de malezas	Dosis	550
Agua para riego	litros	6,200
<i>Mano de obra</i>		
Aplicación de riego	jornal	2,830
Aplicación de agroquímicos	jornal	1,560
Cosecha	jornal	500
Otros costos		
Acarreo	Servicio	1,250
Costo de producción		42,069

El rendimiento promedio de los productores de maíz grano fue de 13.5 t ha<sup>-1</sup> y el precio de venta pagado al productor en 2021 fue de \$5,164 t de grano (Cuadro 3). El precio medio de producción indicó que a los productores les cuesta producir una tonelada de maíz \$3,116. Al restar al ingreso bruto los costos de producción, obtienen una ganancia de \$27,645 por ha. La relación beneficio neto del maíz amarillo para grano indica que por cada peso que invierten los productores, obtienen 66 centavos de ganancia, es decir, una rentabilidad del 66%.



Cuadro 4. Indicadores económicos de la producción menonita de maíz grano amarillo.

Variable	Valor
Costo de producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	42,069
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	13.5
Precio de venta (\$ t <sup>-1</sup> )	5,164
Precio medio de producción (\$ t <sup>-1</sup> )	3,116
Ingreso bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )	69,714
Ganancia (\$ ha <sup>-1</sup> )	27,645
Relación Beneficio Costo	1.66
Rentabilidad (%)	66.0

## Conclusiones

El distrito de Cuauhtémoc, Chihuahua es una zona productora importante para México en la producción de maíz amarillo para grano. El sistema de producción que manejan los productores menonitas de esta región se realiza de forma convencional y se puede clasificar como altamente productivo y tecnificado. En el manejo de plagas, se puede recomendar el control biológico, sin embargo, para esta transición, es necesario el diseño de programas para brindar asesoría técnica y capacitación. La producción de maíz grano es una actividad rentable para los productores menonitas, ya que los rendimientos obtenidos permiten la recuperación de la inversión y generar un margen de ganancia.

## Referencias

- Álvarez, J. P. A., & Franco, P. O. (1998). Respuesta del maíz de riego a humedad del suelo, nitrógeno y densidad de población en Cuauhtémoc, Chihuahua. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 239-245.
- Borja, B.M., Vélez, I. A. y Ramos, G. J. L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y sociedad*, 30(71), 1-22.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2000). Metodología de la investigación. Segunda edición. Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2020). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.
- Moctezuma-López, G., Espinoza-García, A., Cuevas-Reyes, V., Jolalpa-Barrera, J. L., Romero-Santillán, F., Vélez-Izquierdo, A., & Bustos, D. E. (2010). Innovación tecnológica de la cadena agroalimentaria de maíz para mejorar su competitividad: estudio de caso en el estado de Hidalgo. *Rev. Méx. Cienc. Agríc*, 1(1), 101-110.
- Peña, R.A; Santana, O. I; Briones, R. D. y Ramírez, D. J. L. 2015. H-383: Híbrido de maíz blanco intermedio de grano y forraje con alta calidad Norte Centro y Occidente de México. INIFAP Folleto Técnico Núm. 35.
- Reyes Santiago, E., Bautista Mayorga, F., & García Salazar, J. A. (2022). Análisis del Mercado de maíz en México desde una perspectiva de precios. *Acta Universitaria*, 32, 1-16. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3265>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). Planeación Agrícola Nacional.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción agrícola: Cierre de la producción agrícola (1980-2021).
- Zamudio-González, B., A. Espinosa-Calderón, M. Tadeo-Robledo, JJ Encastín-Dionicio, JN Martínez Rodríguez, A. Félix-Reyes, AL Cárdenas Marcelo y A. Turrent-Fernández. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Rev. Méx. Cienc. Agríc*. 6: 1491-1505.





## EFFECTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LA MATERIA ORGÁNICA Y HUMEDAD DEL SUELO

Miguel Ángel Martínez-Gamiño<sup>1\*</sup>, Esteban Salvador Osuna-Ceja<sup>2</sup> y Cristo Omar Puente-Valenzuela<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez. San Luis Potosí, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón, Aguascalientes, México <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA Km 6.5 margen derecha, Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. \*Autor de correspondencia: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx

### Introducción

Por más de 50 años los suelos del Altiplano de San Luis Potosí se han barbechado y rastreado, además de extraer totalmente los esquilmos y practicar el monocultivo (Martínez et al., 2019). El resultado de estas acciones es la destrucción de la estructura del suelo y la aceleración de la oxidación de la materia orgánica, por lo que el suelo disminuye cada año su fertilidad al no incorporar materia orgánica al suelo. Un suelo pobre en materia orgánica reduce la capacidad de retener y conservar el agua en el suelo (Delgado et al., 2011; Giller et al., 2015). En la actualidad, en los suelos del Altiplano de San Luis Potosí se reporta una fuerte compactación al final de cada ciclo de cultivo. Esta compactación es una fuerte limitante para realizar siembras directas con cero labranza, dado que un suelo compactado obstaculiza el crecimiento de la raíz, y por consiguiente el desarrollo y producción del cultivo, además de interferir negativamente en procesos como la infiltración del agua y la aireación del suelo. Para revertir este proceso de compactación causado por la destrucción de la estructura por el excesivo laboreo, es necesario un proceso de regeneración de la estructura del suelo mediante métodos alternativos de preparación diferentes al barbecho, como lo es la agricultura de conservación, además de prácticas de incorporación de materia orgánica en la zona de siembra, para de esta forma llegar a niveles de compactación que no afecten los procesos de crecimiento de la raíz y planta, infiltración, aireación y retención de agua en el suelo (Prasad et al., 2016). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la agricultura de conservación en la materia orgánica y la humedad del suelo.

### Materiales y métodos:

El trabajo se desarrolló en una parcela de productores cooperantes en el Ejido El Rosario en Villa de Reyes, S.L. P con cinco años continuos con agricultura de conservación. Durante el ciclo primavera-verano de 2022 se estableció el cultivo de maíz con el genotipo XR-45. Se evaluaron dos tratamientos: 1) Agricultura de conservación (AC), consistente en dejar el 100% del rastrojo del ciclo anterior y 2) barbecho más rastra (B+R) como la práctica tradicional de preparación del suelo por parte de los productores de la región. en la etapa de floración del cultivo se tomaron cinco muestras de suelo al azar en la profundidad de 0-30 cm en cada tratamiento y se analizaron en el laboratorio del CENID RASPA para obtener la curva característica de humedad en la membrana de presión a 0.33, 1, 3, 5, 9 y 13 PSI.



La materia orgánica del suelo se determinó por método Walkley y Black. Los datos se analizaron mediante un análisis de bloques al azar con cinco repeticiones.

## Resultados y Discusión

**Materia orgánica.** El análisis estadístico del contenido de materia orgánica en el suelo en los tratamientos con B+R y AC reportó diferencias ( $p < 0.05$ ) favorable a la AC. (Figura 1). En ambos tratamientos el contenido de materia orgánica está por encima del umbral óptimo de 2.5% para los suelos agrícolas, sin embargo, la incorporación de hasta  $15.0 \text{ t ha}^{-1}$  por año que se ha realizado en los últimos cinco años en el tratamiento con AC, ha incrementado en un 40.6 % la materia orgánica del suelo, en comparación con el tratamiento B+R, para llegar al 6.36% con AC. La materia orgánica mejora procesos tales como la agregación de las partículas de suelo, porosidad, infiltración, aireación, actividad microbiana, desarrollo de la raíz de los cultivos, asimilación de nutrimentos, retención de humedad, estabilidad de agregados y la actividad de la fauna benéfica del suelo (Blanco-Canqui & Lal, 2007).

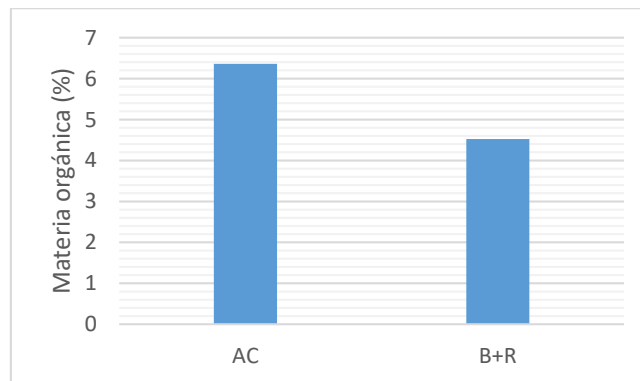


Figura 1. Contenido de materia orgánica en el suelo en tratamientos con agricultura de conservación (AC) y prácticas tradicionales del productor (B+R) en parcela de validación de tecnología con productores en Villa de Reyes, S.L.P., en el ciclo primavera-verano 2022.

**Contenido de humedad en el suelo.** En la Figuras 2 se presenta el volumen de agua en el perfil del suelo para los tratamientos de B+R y AC a una profundidad de 0.3 m y donde es evidente un mayor contenido de humedad en el suelo con AC debido al efecto acumulado de cinco años de realizar las prácticas de incorporación del 100% del rastrojo y la supresión de la práctica del barbecho. Este incremento en la humedad del suelo ha permitido a los productores que están adoptando y adaptando esta tecnología a producir hasta  $12 \text{ t ha}^{-1}$  con solo cuatro riegos, mientras que el número de riego en la región es de seis.

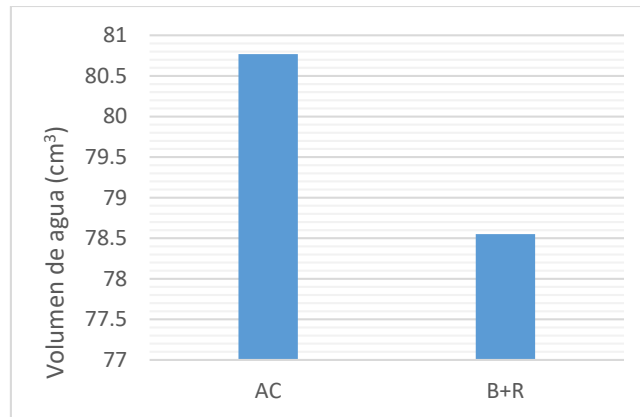


Figura 2. Volumen de agua aprovechable en el perfil del suelo a 0.3 m con agricultura de conservación (AC) y prácticas tradicionales del productor (B+R) en parcela de validación de tecnología con productores en Villa de Reyes, S.L.P., en el ciclo primavera-verano 2022.

## Conclusiones

Al adecuar la tecnología de AC por parte de los productores e incorporar 15 t ha<sup>-1</sup> de rastrojo cada año en los últimos cinco ciclos permitió un incremento del 40.6% de la materia orgánica del suelo en relación al B+R.

Este incremento en la materia orgánica con AC favoreció un incremento en la lámina de agua disponible en el suelo de 22 mm de agua.

La agricultura de conservación es una alternativa para incrementar la materia orgánica del suelo y evitar su deterioro.

## Referencias

- Blanco-Canqui, H. and Lal, R. 2007. Impact of long-term wheat straw management on soil hydraulic properties under no-tillage. *Soil Science Society of America Journal*, 71, 1166–1173.
- Delgado, J.A., P.M. Groffman, M.A. Nearing, T. Goddard, D. Reicosky, R. Lal, N.R. Kitchen, C.W. Rice, D. Towery, and P. Salon. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *J. Soil and Water Conservation*. 66(4):118A129A.
- Giller, K.E., J.A. Andersson, M. Corbeels, J. Kirkegaard, D. Mortensen, O. Erenstein, and B. Vanlauwe. 2015. Beyond conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 6(870):1-14.
- Martínez G. M. A., Osuna C. E. y Espinoza R. M. 2019. Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 10 (4).
- Prasad, J. V. N. S., Rao, C. S., Srinivas, K., Jyothi, C. N., Venkateswarlu, B., Ramachandrapa, B. K., Dhanapal, G. N., Ravichandra, K., Mishra, P. K. 2016. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semi arid tropics of southern India. *Soil Tillage Res.* 156: 131-139.



## AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: ALTERNATIVA PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ALTIPLANO SEMIÁRIDO DE MÉXICO

Miguel Ángel Martínez-Gamiño<sup>1</sup>, Esteban Salvador Osuna-Ceja<sup>2\*</sup>, J. Saúl Padilla Ramírez<sup>3</sup>,  
J. Pimentel López<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez. San Luis Potosí, México. <sup>2,3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón, Aguascalientes, México <sup>4</sup>Colegio de posgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. \*Autor de correspondencia: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx

### Introducción

La agricultura convencional que practica el agricultor del Altiplano semiárido del Centro-Norte de México, basada en las labores de barbecho y rastreo de la tierra para voltear la capa arable, es la principal responsable de la degradación del suelo. Este sistema iniciado hace más de medio siglo, hoy en día se demuestra como insostenible, al constituir un modelo emisor de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y no contribuir a la conservación y mejora de los recursos naturales (aire, suelo y agua) (Cotler et al., 2016; Martínez & Osuna, 2017). Una de las consecuencias del sistema de laboreo intensivo en relación al cambio climático, es la reducción del secuestro de carbono (efecto sumidero) del suelo, cuyo resultado directo es la disminución del contenido de carbono orgánico del suelo (COS), principal componente de la materia orgánica del suelo (MOS), esencial en todos los procesos que se dan en el suelo y en su calidad, ya que mejora su estructura, fertilidad y capacidad de almacenamiento de agua, por ello COS es un indicador de calidad del suelo, sostenibilidad agronómica y de resiliencia ambiental (Osuna-Ceja et al., 2006; Lal, 2009; Carvalho-dos Santos et al., 2012; Van der Wal y de Boer, 2017). El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de AC como medio para recuperar y conservar la calidad de los suelos agrícolas ante el cambio climático y con ello promover el incremento de los rendimientos, después de 25 años de manejo con AC comparado con el sistema de Agricultura convencional.

### Materiales y métodos

El ensayo se estableció en 1995 en el Campo Experimental San Luis donde se compararon dos sistemas de manejo de suelo: 1) labranza convencional con barbecho más rastra (C) y 2) labranza cero más 33 % de cobertura del suelo con residuos de cosecha (LC+33% C), con una rotación maíz-triticale forrajero en los ciclos primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI), respectivamente. Cada unidad experimental tuvo 240 m<sup>2</sup> y se usaron dos repeticiones (Martínez & Osuna, 2017). Para maíz la densidad de población establecida fue 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> y las dosis de fertilización fueron 200 kg ha<sup>-1</sup> N, 100 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 00 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O. Para triticale se usó 80 kg ha<sup>-1</sup> de semilla y la fertilización fue de 90 kg ha<sup>-1</sup> N, 40 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 00 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O en este caso.



El control de malezas en el caso de maíz con LC + 33% C en todos los ciclos de cultivo, se hizo una aplicación de herbicida pre-emergente atrazina a 0.75 kg i.a ha<sup>-1</sup> después de la siembra mientras que en el sistema convencional Br + Ra se realizaron dos escardas mecánicas a los 21 y 35 dds. El control de plagas se realizó mediante una aplicación de insecticida Spinetoram en dosis de 0.75 ml i.a ha<sup>-1</sup> para el control del gusano cogollero.

En el ensayo del 2020 la cosecha de maíz grano se realizó en forma manual, después de que el grano mostró aproximadamente un 15 % de humedad. Se cosecharon dos muestras al azar de 6 m de longitud por tratamiento en los dos surcos centrales de cada unidad experimental. En la etapa de cosecha del maíz grano PV-2020, se recolectaron ocho muestras inalteradas de suelo por tratamiento a 0-10 cm de profundidad. La densidad aparente ( $p_b$ ) se calculó como el cociente entre la masa de suelo seco a 105 °C ( $M_{ss}$ ) y el volumen total ( $V_t$ ) que ocupa esta masa de suelo sin alterar, y se determinó en cada punto de muestreo, mediante la barrena de doble cilindro (Jury *et al.*, 1991). El carbón orgánico del suelo (COS) se determinó con muestras de suelo preparadas según el método AS-01 (SEMARNAT, 2000).

La determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) se realizó a partir del método de Walkley y Black (AS-07). La estabilidad de agregados del suelo en agua se estimó mediante el diámetro peso medio ( $DPM_a$ ) según Franzluebbers *et al.*, (2000). La conductividad hidráulica saturada ( $K_s$ ) se estimó de acuerdo con Reynolds y Elrick, (1990). A todas las variables se les realizó un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar considerando a los dos sistemas de manejo de suelo como tratamientos y se usó la prueba de comparación de media Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) mediante el software Statistical Analysis Systems, versión 9.1 (SAS, 2013).

## Resultados y Discusión

Se detectó significancia estadística entre los dos sistemas de manejo de suelo ( $\alpha = 0.05$ ) en el contenido de COS,  $p_b$ ,  $DPM_a$  y  $K_s$  (Cuadro 1). Esto implica una mejoría y en la calidad del suelo como consecuencia de una acumulación mayor de materia orgánica en el tratamiento LC + 33 % C (MOS= 5.4 %) comparado con el tratamiento Br + Ra (MOS= 1.7 %) en los 0-10 cm del suelo, lo cual se reflejó en un aumento del COS. Al contrario, el tratamiento sin residuos (Br +Ra) tuvo un nivel significativamente menor ( $\alpha = 0.05$ ) de COS que el tratamiento con residuos (LC +33 % C), lo que sugiere el alto grado de deterioro de este sistema convencional. Este aumento significativo de COS en la capa superficial del suelo, indica la importancia de dejar residuos como una práctica sostenible y resiliente en el tiempo, que además reduce las emisiones del CO<sub>2</sub> a la atmósfera y mitiga los procesos de cambio climático, lo cual coincide con algunos autores como Bronick y Lal (2005).

El bajo valor medio de  $DPM_a$  en la labranza convencional indicó una estabilidad estructural débil. No obstante, la labranza cero con residuo presentó un valor medio significativamente ( $\alpha = 0.05$ ) mayor de  $DPM_a$  respecto al tratamiento Br + Ra dentro de los primeros 10 cm de profundidad. Esto indica una mayor proporción de macroagregados debido al efecto de la MOS en el incremento de la estabilidad estructural (Espinoza *et al.*, 2007; Sandoval-Estrada, 2008).



Lo anterior mejora la infiltración del agua (Navarro *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2008), reduce la erosión del suelo (Sánchez *et al.*, 2008; Cadena *et al.*, 2012) y disminuye la compactación (López *et al.*, 2018).

La mayor conductividad hidráulica saturada ( $K_s$ ) en LC +33 % C, se debió en gran parte al aumento de COS en los primeros centímetros del suelo producto del aporte de rastrojos, lo cual corrobora la bondad del sistema LC +33 % C en la creación de poros grandes, estables y continuos en el perfil del suelo (Rachman *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Valores medios de Carbono orgánico del suelo, Densidad aparente, Diámetro peso medio de agregados estables al agua y Conductividad hidráulica saturada.

Sistemas	COS Mg ha <sup>-1</sup>	$\rho_b$ Mg m <sup>-3</sup>	DPM <sub>a</sub> Mm	$K_s$ cm hr <sup>-1</sup>
Br + Ra	9.2 b	1.37 a	0.14 b	0.154
LC + 33 % C	23.8 a	1.19 b	1.20 a	8.50
CV %	24.42	4.94	18.28	32.12

COS- carbón orgánico del suelo; Da- densidad aparente; DPM<sub>a</sub>- diámetro peso medio de agregados estables al agua;  $K_s$ - conductividad hidráulica; Br + Ra- barbecho más rastra o labranza convencional y LC + 33 % C- labranza cero más 33 % de cobertura o agricultura de conservación. Promedios con distinta letra en una columna por parámetro son estadísticamente diferentes según Tukey (0.05).

Los rendimientos de grano de maíz (RGM) y materia seca de triticale (RMST) en rotación para el ciclo primavera-verano y otoño-invierno 2020, se muestran en la figura 1. El análisis estadístico para RGM y RMST de ambos cultivos, reportó diferencia entre medias de tratamientos ( $\alpha = 0.05$ ), favorable al tratamiento de labranza cero con residuos. Estas diferencias se atribuyen a la mejora de los indicadores de la calidad del suelo ( $\rho_b$ , DPM<sub>a</sub> y  $K_s$ ) así como con el mayor nivel de COS alcanzado y su relación con los cambios de estructura del suelo a largo plazo (Thomsen *et al.*, 1999; Sandoval-Estrada *et al.*, 2008). Lo anterior es una manera de hacer evidente que la agricultura de conservación (AC) es una alternativa de producción, que incrementa la sostenibilidad, a través de establecer un grado de resiliencia (*capacidad de retornar a su condición original al suelo después de un disturbio*) y está asociada con el potencial de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Lal, 2003).

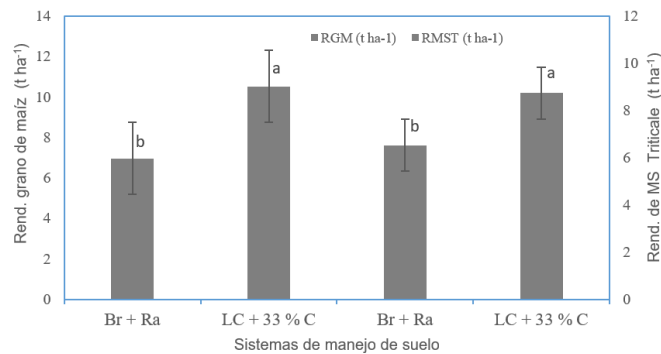


Figura 1. Rendimiento medio de grano de maíz (RGM) y materia seca de triticale (RMST) bajo dos sistemas de manejo de suelo. Promedios con letra distinta en la columna son estadísticamente diferentes según Tukey (0.05). Las barras significan error estándar de la media  $n = 4$ .



En este trabajo, el COS en AC fue 2.6 veces más que en el manejo convencional, que representa una tasa promedio de  $0.95 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en los 25 años del estudio y superior a lo reportado por Follet, et al., 2005 en el centro de México. Este aumento está directamente correlacionado con la acumulación en la superficie de los residuos de cosecha que al disminuir su contacto con los microorganismos del suelo provoca una descomposición más lenta de la MOS (Salinas-García et al., 2002), por lo que se aumenta la cantidad de COS secuestrado (Follet et al., 2005). El aumento de COS es evidente en los primeros centímetros de suelo (Fuentes et al., 2010; Castellanos-Navarrete et al., 2012) logrando alcanzar casi dos veces más de COS en los primeros diez centímetros, comparado con la labranza convencional, lo cual favorece la formación y estabilización de agregados (Castellanos-Navarrete et al., 2012). Esta investigación de largo plazo ha mostrado resultados significativos después de 25 años y demuestra como la AC recupera y mantiene la potencialidad del suelo e influye al mismo tiempo en la cantidad de COS que este puede almacenar. En el mismo sentido este sistema propone una condición sostenible de la tierra que establece, la reconstrucción de las reservas de carbono en el suelo en función de las tasas de acumulación de residuos vegetales o biomasa sobre el suelo, y la disminución de  $\text{CO}_2$  atmosférico y la desaceleración del calentamiento global (Caviglia et al., 2016; Cotler et al., 2016).

La adopción de una AC con una gestión sostenible de la tierra para aumentar el COS y reducir la emisión de  $\text{CO}_2$ , sería una alternativa resiliente para complementar los esfuerzos de los grandes retos ambientales: cambio climático, degradación de tierras y pérdida de diversidad biológica. Desde otro punto de vista, se señala que la captura de carbono es una responsabilidad para ofrecer alternativas saludables y nuevos beneficios a los agricultores en los territorios productores de cultivos anuales de riego y temporal principalmente en las zonas áridas y semiáridas de México. Hace parte de lo que se empieza a denominar “nuevo modelo agronómico” de conservación de suelos, porque el incremento de la MOS que está enlazada con múltiples funciones básicas del suelo, también significa mitigación de los GEI y del calentamiento global. Todo lo anterior resulta, porque la MOS causa una “serie de condiciones o funciones” que están relacionadas con las propiedades del suelo, el efecto amortiguador, la capacidad de resiliencia y la sustentabilidad (Burbano-Orjuela, 2018). Lo anterior debería hacernos reflexionar lo importante que es, el desarrollo de una AC en la que se toma muy en cuenta el contenido de carbono presente en la MOS (Cotler et al., 2014; Burbano-Orjuela, 2018). Al retener una mayor cantidad de COS, la AC tiene el potencial de reducir la emisión de  $\text{CO}_2$ .

## Conclusiones

En general, se evidencia que la actividad agrícola convencional genera gases con efecto invernadero favoreciendo el calentamiento global. También se observó que se puede contribuir al secuestro de carbono, ayudando a mantener un balance a favor de una menor liberación de  $\text{CO}_2$ , lo que contribuye a mitigar el cambio climático, mediante la aplicación de prácticas agrícolas consideradas en la agricultura de conservación.



La labranza convencional basada en la utilización del arado de vertedera y la rastra de discos, ha llevado a un deterioro de las propiedades edafológicas, a una reducción de su productividad y ha propiciado cambios estructurales que facilitan la oxidación de la MOS y la pérdida de estabilidad de los agregados del suelo.

La AC mejora la tasa de infiltración y la cantidad de agua disponible, disminuye la erosión, incrementa el rendimiento y mitiga la emisión de GEI, lo que la hace, una alternativa de producción y de conservación de suelos *in situ*, al proteger el suelo e incorporar carbono.

La AC es una alternativa para mejorar la competitividad de los suelos agrícolas en las zonas áridas y semiáridas de México.

## Referencias

- Bronick, C.J., and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124:3-22.
- Burbano-Orjuela, H. 2018. El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Rev. Cienc. Agr.* 35(1):82-96 doi: <http://dx.doi.org/1022267/rcia.183501.85>.
- Cadena, B.P., D. Egas, H. Ruiz, J. Mosquera, y O. Benavides. 2012. "Efecto de cinco sistemas de labranza, en la erosión de un suelo vitric haplustand, bajo cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)", *Rev. Ciencias Agrícolas*, Vol. 29, núm. 2, pp. 116-128.
- Carvalho-dos Santos, D., C.L. Rodríguez-de Lima, C. Nailto-Pillon, J.Ma. Filippini-Alba. 2012. Distribución de la materia orgánica en clases de agregados en un Latosol arcilloso rojo bajo forestación y pastizal. *Agrociencia* 46:231-241.
- Castellanos-Navarrete, A., C. Rodríguez A., R.G.M de Goede., M.J. Kooistra, K.D. Sayre, L. Brussaard, and M.M. Pulleman. 2012. Earthworm activity and soil structural changes under conservation agriculture in Central Mexico. *Soil & Tillage Res.* 123: 61-70.
- Caviglia, O.P., Wingeyer, A.B. & Novelli, L.E. 2016. El rol de los suelos agrícolas frente al cambio climático. Serie de Extensión INTA Paraná. 78: 27-32.
- Cotler, H. 2014. Conservación de suelos y adaptación al cambio climático. México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. [disponible en]: <http://www.geologia.unam.mx:8080/igl/docs/diffusion/simposios/2014/suelos/1600%20suelos-Cotler-5Diciembre.pdf>
- Cotler, H., M. Martínez y J.D. Etchevers. 2016. Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: Investigación y Políticas Públicas. *Terra Latinoamericana* 34:125-138.
- Espinoza, Y., Z. Lozano y L. Velázquez. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, 32:554-559.
- Follett, R.F., J.Z. Castellanos, and E.D. Buenger. 2005. Carbon dynamics and sequestration in an irrigated Vertisol in Central Mexico. *Soil & Tillage Res.* 83:148-158.
- Franzluebbers, A.J., R.L. Haney, C.W. Honeycutt; H.H. Schomberg, and F.M. Hons. 2000. Flux of carbon dioxide following Rewetting of dried soil relates to active organic pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:613-623.
- Fuentes, M., B. Govaerst, C. Hidalgo, J. Etchevers, I. González, M., J.M. Hernández H., K.D. Sayre, and L. Dendooven. 2010. Organic carbon and stable <sup>13</sup>C isotope in conservation agriculture and conventional systems. *Soil Biol. and Biochem.* 42:551-557.
- Jury, W.A., W.R. Gardner, and W.H. Gardner. 1991. *Soil Physics*. John Wiley & Sons. New York. 328.





- Lal, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22:151-184.
- Lal, R. 2009. La función de la materia orgánica del suelo en el ciclo global del carbono. [disponible en]: [http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/report\\_conference\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/report_conference_es.pdf)
- López, B. W., R. Reynoso, C., J. López, M., R. Camas, G., A, Tasistro. 2018. Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la región Fraylesca, Chiapas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* vol 9 no. 1 [disponible en]: <https://doi.org/10.29312/remesca.v9i1.848>
- Martínez, G.M.A., y E.S. Osuna, C. 2017. Impacto de la Agricultura de Conservación en Propiedades Físicas del Suelo y Rendimiento de la Rotación Maíz-Avena/Triticale forrajero de riego. Folleto Técnico No. MX-0-310305-25-03-17-09-48. San Luis Potosí, México. 33p.
- Osuna-Ceja, E.S., B. Figueroa-Sandoval., K. Oleschko, Ma. de L. Flores-Delgadillo, M.R. Martínez-Menes y F.V. González-Cossío. 2006. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia* 40:27-38.
- Rachman, A., S. Anderson, C. Gantzer, and A. Thopson. 2003. Influence of long-term cropping systems on soil physical properties related to soil erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 637-644.
- Reynolds, W., and D. Elrick. 1990. Pondered infiltration from a single ring: Analysis of Steady Flow. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1233-1241.
- Salinas, G. J.R., A.D. Báez, G., M. Tiscareño L. and E. Rosales R. 2002. Residue removal and tillage interaction effects on soil properties under rain-fed corn production in Central Mexico. *Soil & Tillage Res.* 59:67-79.
- SAS Institute (Statistical Analysis Software) [en línea]. Versión 9.1.3, edit. SAS Institute Inc. Cary, N.C., USA, 2013. [disponible en]: <http://www.sas.com/en us/software/analytics/stat.html#>>.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis [en línea]. No. NOM-021-SEMARNAT-2000, Inst. Diario Oficial de la Federación, México, 31 de diciembre 2002, p. 85, Segunda sección. [disponible en]: <http://www.semarnat.gob.mx/node/18>.
- Thomsen, I.K., P. Schjonning, J.E. Olsen, and B.T. Christensen. 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils: II. Microbial activity as influenced by soil water regimes. *Geoderma* 89:199-218.
- Van der Wal, A., and De Boer, W. 2017. Dinner in the dark: illuminating drivers of soil organic matter decomposition. *Soil Biol. and Biochem.* 105:45-48.



## EFFECTO DEL AGUA IONIZADA EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*) EN EL RANCHO EL CARMEN, BERMEJILLO, DURANGO

Neiry Manuel Alvarado Ruacho<sup>1</sup>, Cristobal Hernández Bautista<sup>1\*</sup>, José Ramón Hernández Salgado<sup>1</sup>, Miguel Cortez Gámez<sup>2</sup>, José de los Santos Aguilar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km, 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua. Bermejillo, Dgo. CP. 35230. <sup>2</sup>Empresa Magnetics Industries 205 \* Autor de correspondencia: cristobalhb@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

La optimización de la producción de maíz forrajero junto con el aumento de la eficiencia en el uso del agua son uno de los principales objetivos de los productores. De esta búsqueda depende, en parte, el equilibrio del medio ambiente. La calidad del recurso hídrico es una problemática que afecta a la productividad de los suelos y al aumento en la producción agrícola. La salinización de las aguas provenientes de pozos agrícolas de las zonas áridas y semiáridas de México, es uno de los principales retos a vencer, ya que el aumento de la concentración de sales en el suelo disminuye la disponibilidad del agua aprovechable para el cultivo y genera un aumento en el riesgo de estrés hídrico en la planta.

Es por ello por lo que, en busca de mejorar las propiedades físicas del agua y mejorar el rendimiento de los cultivos, el ser humano busca, a través de la tecnología de magnetización, la modificación de la concentración de las sales contenidas en el agua (principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{HCO}_3^-$ ; Tantawy et. al, 2015) se disminuye la precipitación dentro de los sistemas de tuberías y el desarrollo de obturaciones (Duarte et. al, 2004). De acuerdo con Guoqing (2022) el uso de las metodologías de magnetización y oxidación del agua de riego permiten aumentar el potencial fisiológico de los cultivos.

Fung et al. (2022) demostró que la aplicación de campos magnéticos induce cambios favorables en las plantas, facilita la absorción de nutrientes y favorece el crecimiento y el desarrollo. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica de rendimiento de maíz forrajero irrigado con agua ionizada y evaluar las características estructurales del suelo, agua y desarrollo vegetativo del cultivo.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en el rancho El Carmen de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo con dirección en km 40 carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Mapimí, Durango, México C.P. 35230 en las coordenadas 25°53'51.11" latitud Norte y 103°35'38.18" longitud Oeste.

Se instaló el ionizador Magnetic Industries 205 modelo STATERA 608 con un campo magnético de 14 700 Gauss (1 470 mT) y un diámetro interno que transporta el fluido a una velocidad de 1.58 m/s. El agua tarda en promedio 0.63 s en atravesar el dispositivo con un caudal de 10 l/s.



Se tomaron muestras de suelo (a una profundidad de 30 cm) y agua antes de establecer el cultivo, para tener información comparativa de un antes y después de la puesta en marcha del equipo de ionización.

Se establecieron seis parcelas demostrativas con dimensiones de 9 x 50 metros cada una. Tres de las parcelas fueron irrigadas con agua ionizada a través de un sistema de bombeo con salida de 6 pulgadas (gasto de 10 l/s) y el resto con agua sin ionizar proveniente directamente del pozo profundo (gasto de 29 l/s), ambas se irrigaron por un sistema de gravedad. La distribución de las parcelas fue en un diseño completamente al azar.

Una vez efectuado el riego de aniego (lámina de 34.8 cm) y alcanzado el nivel de humedad óptimo, se estableció el maíz forrajero de la variedad NOVASEM NB777 a una densidad de plantación de ocho semillas por metro lineal y una distancia entre surcos de 0.75 metros; así como una fertilización fosforada y nitrogenada equivalente a la fórmula general 180-90-00. Se aplicó todo el fósforo y un 40% del nitrógeno a la siembra, y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio.

Se realizaron 4 riegos de auxilio con las características presentadas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Fecha de riegos de auxilio y láminas de riego.

No. Riego de Auxilio	Fecha	Lámina de riego (cm)
1	27/04/2022	23.2
2	21/05/2022	18.56
3	08/06/2022	18.56
4	29/06/2022	18.56

Las variables de estudio, consideradas en la presente investigación para evaluar el efecto de tipo de agua de riego (ionizada y no ionizada), suministrada a maíz forrajero, en las características de estructura de planta (altura, diámetro de tallo y peso de planta) así como características de elote (longitud, diámetro y peso), fueron evaluadas mediante el modelo estadístico completamente al azar, se emplearon 3 unidades experimentales por cada nivel de tipo de agua (Infostat, 2008).

Las variables altura y diámetro de planta no se ajustaron a la normalidad de errores ( $P < 0.05$ ), por lo que se usó para su análisis la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. En peso de planta, así como para las características de elote, los errores se distribuyeron conforme a la normal ( $P > 0.05$ ). Adicionalmente se aplicó la Prueba de Levene con corrección de Lilliefors, y se determinó que en todas las variables del presente estudio presentaron homogeneidad de varianza en los dos tipos de agua estudiada. Posteriormente se empleó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para determinar los efectos promedios de los tipos de agua en las características evaluadas (Steel y Torrie, 1990).



## Resultados y discusión

En el Cuadro 2, se establecen los niveles de probabilidad, así como el coeficiente de variación para las variables medidas en estructura y fruto de maíz forrajero variedad NOVASEM NB777. La variable de altura, así como el peso de la planta mostró efecto significativo ( $P < 0.05$ ) lo que indica que el tipo de agua de riego muestra diferencias importantes en estas características, sin embargo, las características de medición en elote (fruto) así como el diámetro de la planta, no mostraron efectos significativos ( $P > 0.27$ ) por el tipo de agua en el riego. Los coeficientes de variación para todas las características evaluadas se establecen en el rango de 4 a 14 % cuyos valores son de bajo a medio apropiados para la evaluación del presente estudio.

Al evaluar las características, en sus efectos medios, se establecen diferencias ( $P < 0.05$ ) de comportamiento de plantas de maíz al ser irrigado con los diferentes tipos de agua en altura y peso de planta. La altura de planta fue 4.73 unidades más alta donde se administró agua ionizada en comparación con agua de pozo no ionizada y más pesadas en 23.66 g/planta cuando fueron irrigadas con agua ionizada. Las restantes características descritas en el Cuadro 3 no mostraron efectos diferenciados ( $P > 0.05$ ) importantes y por ello su comportamiento es similar entre los dos tipos de agua empleados en el riego.

Cuadro 2. Nivel de Probabilidad y Coeficiente de variación (CV) de la estructura de planta y medidas de elote en maíz forrajero irrigado con dos tipos de agua.

VARIABLE	P_valor	CV
Estructura de Planta		
Altura	0.0120	4.57
Diámetro de tallo.	0.2739	8.57
Peso	0.0071	5.49
Características de Elote		
Longitud	0.2914	7.64
Diámetro	0.4395	6.26
Peso	0.4572	13.57

Cuadro 3. Promedios y errores estándar (EE.) de estructura de planta y características de elote en cultivo de maíz forrajero.

VARIABLE	Tipo de agua		EE.
	Pozo*	Ionizada*	
Estructura de Planta			
Altura	193.90 <sup>b</sup>	198.63 <sup>a</sup>	--
Diámetro de tallo.	6.66 <sup>a</sup>	6.79 <sup>a</sup>	--
Peso	586.67 <sup>b</sup>	610.33 <sup>a</sup>	5.99
Características de Elote			
Longitud	16.85 <sup>a</sup>	17.37 <sup>a</sup>	0.34
Diámetro	14.37 <sup>a</sup>	14.63 <sup>a</sup>	0.23
Peso	182.20 <sup>a</sup>	189.13 <sup>a</sup>	6.50

\*( $P < 0.05$ , Tukey). Promedios con la misma letra son efectos medios iguales, por característica de estudio.



De acuerdo con los datos obtenidos en el rendimiento del maíz ensilado, se encontró que hubo un incremento de 2 ton/ha al usar agua ionizada en comparación con el agua de pozo no ionizada.

El análisis de suelos indica que existe un ligero aumento de los sulfatos y bicarbonatos contenidos inicialmente debido a que son fraccionados en partículas de menor tamaño y transformándose de calcita a aragonita que es una forma de cristales en forma de aguja más solubles (Botello et. al, 2004). Mientras tanto los cationes como los aniones solubles presentaron una disminución en 17.17 y 20.24% respectivamente. En tanto que el pH aumentó de 8.37 a 8.76 como lo demuestra Tantaway et. al (2015), ver cuadro 4.

La CE del suelo que recibió agua sin tratamiento tuvo una tendencia de incremento a lo largo del ciclo, mientras que el suelo que recibió agua ionizada la CE se incrementó al inicio del riego y disminuyó a medida que avanzó el desarrollo del cultivo, al finalizar, la CE fue menor en el suelo con agua ionizada (3.63 mScm<sup>-1</sup>) que el suelo con agua sin ionizar (4.55 mScm<sup>-1</sup>).

Los cationes y aniones tuvieron un incremento al inicio del ciclo y después disminuyeron en el suelo con agua ionizada, lo que indica que existió un mayor aprovechamiento por parte de la planta.

Cuadro 4. Análisis comparativo del suelo regado con dos tipos de agua, ionizada y no ionizada.

Identificación de la Muestra	12-03-2022 Antes del riego	17-05-2022 Sin ionizar	17-05-2022 Ionizada	17-06-2022 Sin ionizar	17-06-2022 Ionizada
Propiedades físicas:					
Textura	Franco	Franco	Franco	Franco	Franco
Porcentaje de Saturación %	45.67	43.7	45.3	42.0	42.7
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.20	1.05	1.06	1.08	1.06
Fertilidad:					
Fósforo Disponible (P) p.p.m.	14.55	10.88	6.77	10.62	9.74
Nitratos de Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> ) p.p.m.	61.60	40.92	36.06	49.60	30.90
Carbonatos Totales (CaCO <sub>3</sub> ) %	9.85	9.66	9.89	9.53	9.97
Salinidad (en extracto de saturación):					
pH	8.37	7.91	8.15	8.67	8.76
Conductividad Eléctrica (mScm <sup>-1</sup> )	4.36	2.83	3.70	4.55	3.63
Suma de Cationes Solubles meq/Lto.	42.57	27.01	36.68	45.93	35.26
Suma de Aniones Solubles meq/Lto.	37.79	28.54	36.75	46.27	30.14
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	8.44	2.76	3.28	2.61	2.70
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	10.065	2.73	3.46	2.52	2.65



El porcentaje de porosidad del suelo y la densidad aparente afectan a la conductividad hidráulica y a la capacidad de penetración de las raíces (Malak et. al, 2022). Como se puede apreciar, la densidad aparente se mantiene relativamente más baja en las parcelas regadas con agua ionizada, aunque no es un dato numéricamente significativo. La misma situación se puede resaltar en el porcentaje de saturación, ya que en ambos casos tuvieron una tendencia a disminuir debido a la agregación de sales disueltas al suelo, aunque las parcelas regadas con agua ionizada tuvieron una disminución numérica menor (2.97 de disminución contra 3.67%).

El agua aumentó su pH en 10.18% (de 6.78 a 7.47) como lo indica también Mashhour et.al (2016), mientras que la conductividad eléctrica aumentó ligeramente pero no significativo numéricamente (de 2.731 a 2.751). Los sólidos disueltos totales mostraron un ligero incremento de 0.7% al pasar a través del dispositivo magnético, lo cual nos indica que numéricamente no se obtuvo una diferencia significativa.

## **Conclusiones**

La presente investigación mostró que existe un incremento en el tamaño y peso de la planta al ser irrigada con agua ionizada suministrada a través del dispositivo magnético STATERA 608 contra el agua de pozo corriente, lo que mostró un aumento del rendimiento de 2 ton/ha.

En el tamaño y peso de mazorca, se considera que no se presentaron diferencias significativas debido a que la semilla utilizada es híbrida, por lo que la planta y el fruto en general son muy uniformes.

El suelo presenta diferencias de estructura que se pueden percibir al tacto, el suelo el irrigado con agua ionizada aparentemente más suave, sin embargo, se recomienda analizar el comportamiento del suelo por un tiempo mayor, ya que los cambios de su estructura son a largo plazo; además, es recomendable realizar evaluaciones con otros cultivos con dispositivos magnéticos de diferente intensidad.

El utilizar agua ionizada no significa que erradicará los problemas de salinidad, la importancia de la tecnología de ionización radica en que las sales presentes en el agua y el suelo cambian su estructura a una forma más asimilable por el cultivo, motivo por el cual la fertilidad del suelo mejora como consecuencia un incremento en el rendimiento.



## Referencias

- Guoqing-Zhao, Yan Mu; & Yanhui-Wang, Li Wang (2022). Magnetization and oxidation of irrigation water to improve winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production and water-use efficiency. *Agricultural Water Management*, 259(107254). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107254>
- Duarte, Carmen E.; Guevara, Greter; & Méndez, Maykel (2004). Uso del agua activada y con tratamiento magnético del tomate en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(3). Consultado el 21 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1010-2760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93213303>
- Fung-Boix, Yilan., Ferrer-Dubois, Albys Esther., Zamora-Oduardo, Dannielly., Isaac-Aleman, Elizabeth., & Rodríguez-Fernández, Pedro. (2022). Water treated with a static magnetic field on photosynthetic pigments and carbohydrates of *Solanum lycopersicum* L. *Revista Cubana de Química*. 34(1), 34-48. ISSN: 0258-5995. Consultado en línea el 19 de septiembre de 2022: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443570155003>
- Tantawy, Ma., Alomari, Abdulaziz., Alghamdi, Hma., Alzahrani, Rsa., Alsehami, Sma., & Tantawy, M. (2015). Reducing Formation of CaCO<sub>3</sub> Scales of Groundwater by Magnetic Treatment. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 4(824). Consultado en línea el 20 de septiembre de 2022: [https://www.researchgate.net/publication/281235027\\_](https://www.researchgate.net/publication/281235027_)
- Malak, Moussa., Vincent, Hallaire., Didier, Michot., & Mohamed, Hachicha. (2020). Micro- and macrostructure changes of soil under irrigation with electromagnetically treated water. *Soil and Tillage Research*. 203(104690). <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104690>.
- Botello-Zubiate, M.E., Alvarez, A., Martínez-Villafañe, A., Almeraya-Calderon, F., & J.A Matutes-Aquino. (2004). Influence of magnetic water treatment on the calcium carbonate phase formation and the electrochemical corrosion behavior of carbon steel. *Journal of Alloys and Compounds*, 369(256-259). <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2003.09.056>.
- Mashhour, A. M. A., Shahin M. M., Mahmoud., A bd-Elhady, E. S. E. A. (2016). Effect of Magnetized Irrigation Water and Seeds on Some Water Properties, Growth Parameter and Yield Productivity of Cucumber Plants. *Current Science International*. 5. 152-164. <https://www.researchgate.net/publication/318795791>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L. Tablada, M., Robledo, C.W. (2008). *InfoStat, Versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Steel, R., Torrie, J.T. (1985). Principles and rprocedures of statistics. Editoria McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. Colobia.



## CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS ALTERNATIVO AL GLIFOSATO EN NOGAL PECANERO

José A. Urrieta-Velázquez<sup>1\*</sup>, Cristo O. Puente-Valenzuela<sup>1</sup>, Leslie Carnero-Avilés<sup>2</sup>, Ivan Franco-Gaytán<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-RASPA, Km.6.5 Margen derecho canal de sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Delicias, Km. 2 Carretera Delicias-Rosales, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna, Boulevard José Santos Valdez, Matamoros, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia: urrieta.jose@inifap.gob.mx

### Introducción

El control químico de malezas es el método más utilizado por los productores con grandes extensiones de cultivo debido a su efectividad biológica y costo, no obstante, esto significa un problema porque año tras año se aplican los mismos herbicidas que generan resistencia a los mismos en muchas malezas. Tal es el caso de ingredientes activos como el dicamba y glifosato (Perkins et al., 2021) y otros ingredientes activos en varias especies de maleza reportadas desde hace varios años (Burgos et al., 2013). En el método de control químico de malezas es importante saber que a pesar de que existen muchos ingredientes activos, lo más importante es el sitio de acción de los mismos pues hay varios ingredientes activos que tienen el mismo sitio de acción (Diez, 2013), y éste solo hecho ha contribuido mucho a la generación de resistencia y contaminación por dosis excesivas en campo. Por lo que se recomienda realizar más investigaciones sobre la interacción entre herbicidas, herbicidas alternativos y métodos de control de malezas para evitar generar resistencia a herbicidas en campo (Jhala et al., 2021; Westwood et al., 2018). Con ese preámbulo y con base en la restricción oficial mexicana sobre el uso del glifosato (DOF, 2020) se planteó como objetivo principal probar tecnologías disponibles como alternativas para el control de malezas en nogal pecanero de la Región lagunera.

### Materiales y métodos

En un ensayo previo se probaron por separado los herbicidas paraquat, dicamba+prosulfuron, glufosinato y glifosato, de los cuales solo con paraquat y glifosato se tuvieron resultados efectivos. Con base en ello, y tomando en cuenta los objetivos de la investigación se plantearon mezclas de paraquat (1 L/ha) con dicamba+prosulfuron (400 gr/ha), fluzyfop-p-butil (1 L/ha), 2,4,-D (1 L/ha), oxifluorfen (1 L/ha), tarazina+terbutrina (1 L/ha) para compararlos con los testigos sin mezclar paraquat (2 L/ha) y glifosato (2 L/ha). Todos ellos fueron mezclados en agua destilada y usando 1 ml/L de adherente (Alcohol graso etoxilado+polidimetilsiloxano) y 2% de urea foliar como penetrante. La aplicación se realizó utilizando una mochila de motor y una boquilla 11003, calibrando a 300 L/ha. Los tratamientos fueron establecidos usando un diseño de bloques completos con tratamientos aleatorizados y cuatro repeticiones. Las variables registradas fueron la efectividad biológica de los herbicidas utilizando la escala EWR a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días después de la aplicación (DDA) y el costo de las aplicaciones para un ciclo de cultivo. Se realizó un análisis de varianza ajustando los valores con la función arco seno utilizando el software estadístico SAS/STAT15.2 (SAS Institute, 2016).





## Resultados y discusión

Las malezas principales identificadas en orden de importancia por su abundancia fueron zacate jhonson, trompillo, amargosa, zacate cola de zorra, quiebraplatos y coquillo. No obstante, hubo malezas como la hierba del negro, verdolaga y violeta que se encontraban presentes muy cerca del tronco de los nogales.

Los testigos químicos en el control de maleza en nogal pecanero tienen un patrón contrastante como se observa en la Figura 1, donde se puede observar que el paraquat actúa de manera inmediata, mientras que el glifosato alcanza su máximo control a los 21 días después de aplicado, tiempo después del cual el paraquat disminuye su efectividad. Ello implica que se requieren más aplicaciones de paraquat por ciclo en comparación con el glifosato y mayor impacto ambiental y probabilidad de desarrollar resistencia a dicha molécula. La mezcla de paraquat con glufosinato es menos efectiva que usando solo paraquat como se observa en la Figura 1b, pues aunque tuvo un efecto inmediato fue menos persistente. Un comportamiento contrario sucedió con la mezcla de paraquat con dicamba+prosulfuron, la cual tuvo un control muy efecto similar o mejor al testigo químico como se puede observar en la Figura 1c, con un control tanto en maleza de hoja ancha como angosta. Dicha mezcla también tuvo un efecto de sellado pues inhibió la emergencia de maleza en la zona tratada. En ésta primera prueba de las mezclas con paraquat resalta la efectividad de dicamba y prosulfurón, por lo que se dan interacciones en la maleza de éstos ingredientes activos y pueden resultar en nuevas mezclas físicas para los productores de nogal como se ha observado en otros cultivos (Rosales et al., 2011).

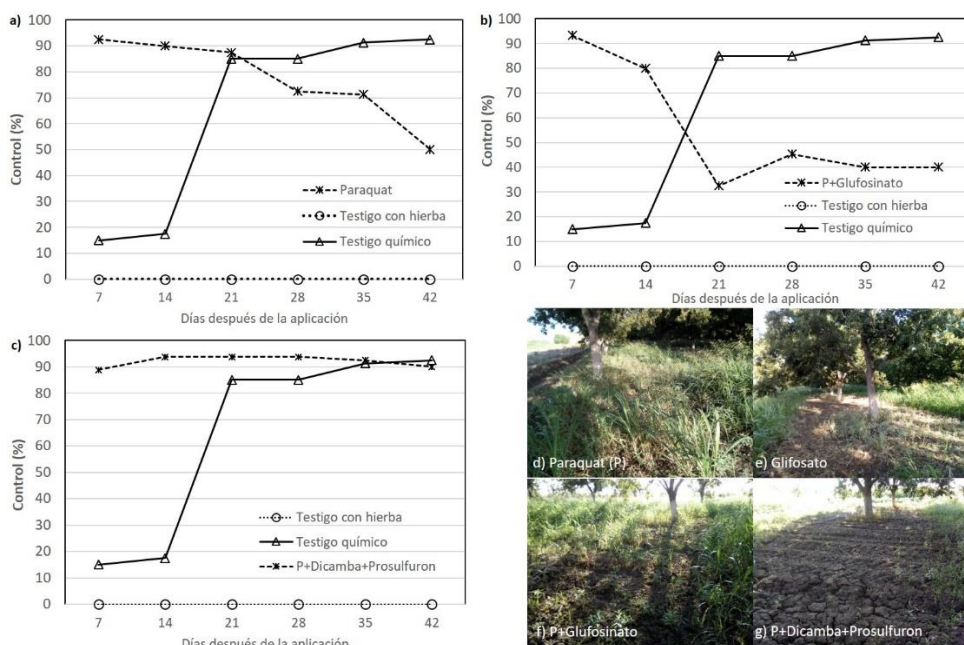


Figura 1. Ensayo 1 con mezclas de paraquat para el control de malezas en nogal pecanero.



En el segundo ensayo, el paraquat también mostró diversas interacciones en la maleza como fue el caso con 2,4-D de la Figura 2a, donde puede observarse un claro efecto negativo de la incompatibilidad pues a los 14 días después de aplicada la mezcla ya se había registrado menos del 50% de efectividad en el control. En el caso de la mezcla con oxifluorfen se mantiene el nivel de control del paraquat hasta los 21 días después de aplicada (Figura 2b), con la ventaja de que dicha mezcla inhibe la germinación de maleza de hoja ancha y angosta como ya se ha observado en otras investigaciones (Widariyanto & Roviyantri, 2017).

Continuando con los resultados de la mezcla de paraquat con atrazina y terbutrina también mostró una tendencia similar en el control de malezas que el paraquat solo (Figura 2c), y al igual que la mezcla con oxifluorfen, se inhibió la emergencia de malezas.

En el caso de la mezcla con fluazyfop-p-butil hubo un control inmediato, no obstante, hubo emergencia de maleza de hoja angosta e inhibió la de maleza de hoja angosta como ya se ha reportado con otras mezclas (Galon et al., 2018), ya que se trata de un ingrediente activo solo para ese tipo de maleza y es por eso que tuvo un mayor porcentaje de control.

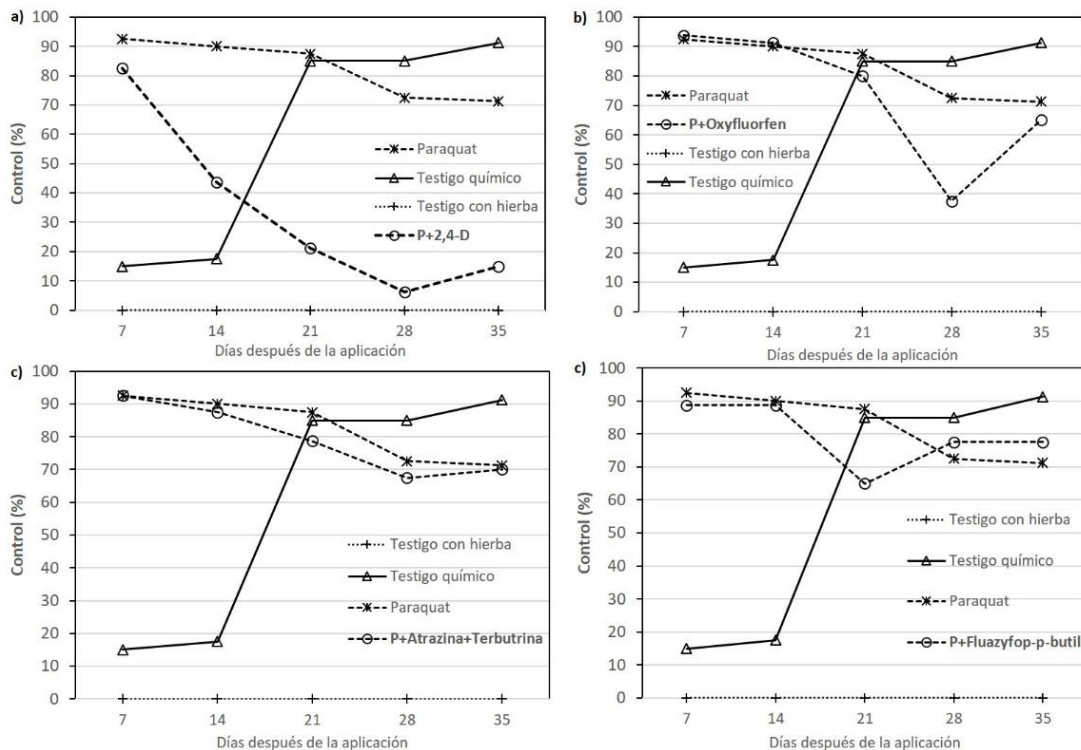


Figura 2. Ensayo 2 de mezclas de paraquat para el control de malezas en nogal pecanero.



En la Figura 3 muestra el control de maleza en el nogal pecanero a los 35 días después de aplicados los tratamientos, donde se puede observar el efecto del testigo químico de la Figura 3a (glifosato) y el testigo con hierba en la Figura 3f. En la Figura 3b puede verse el bajo control que hubo hasta los 35 DDA con la mezcla de paraquat y 2,4-D, en la que puede observarse principalmente zacate jhonson. Con la mezcla de paraquat y oxifluorfen se observó que a pesar del tamaño de la maleza hubo buen control al inhibir la emergencia de maleza (Figura 3c). Este mismo efecto se vio con paraquat mezclado con atrazina y terbutrina, pues como se ve en la Figura 3d se inhibió la emergencia de la mayoría de la maleza.

En el caso de la mezcla con fluazyfop-p-butil hubo un buen control inicial, sin embargo, como se observa en la Figura 3e, hubo emergencia de maleza de hoja ancha, principalmente trompillo y amargosa. Y un efecto positivo de la misma mezcla fue la inhibición de la emergencia de maleza de hoja angosta como se aprecia en la Figura 3e.

Un efecto importante observado en ambos ensayos fue que bajo la sombra de los nogales se potencia la efectividad de los tratamientos. Con ello, aun es importante continuar con las pruebas de nuevas mezclas e ingredientes activo y sitios de acción de los herbicidas para el control químico de malezas en el nogal pecanero, contemplando no solo su efectividad biológica sino también el costo de dichas tecnologías para los productores.

Una parte importante para que los productores adopten tecnologías en el control de malezas es su costo, el cual puede apreciarse en la Figura 4, donde se observa claramente que el testigo químico (glifosato) y la mezcla de paraquat con dicamba y prosulfuron son los más baratos, por lo cual dicha mezcla es una alternativa económicamente viable debido al menor número de aplicaciones, y que significa menor impacto ambiental. Otra de las opciones es la mezcla de paraquat con atrazina y terbutrina, pues no está tan alejado del testigo químico y con la ventaja del menor impacto ambiental al reducir la dosis mínima recomendada de dicha mezcla comercial. En el caso de la mezcla de paraquat con oxifluorfen es importante hacer más pruebas pues existen dosis de hasta 300 mL/ha que pueden reducir considerablemente su costo y con la misma efectividad.



Figura 3. Control de maleza en nogal pecanero usando mezclas de paraquat en comparación al glifosato 35 días después de la aplicación.

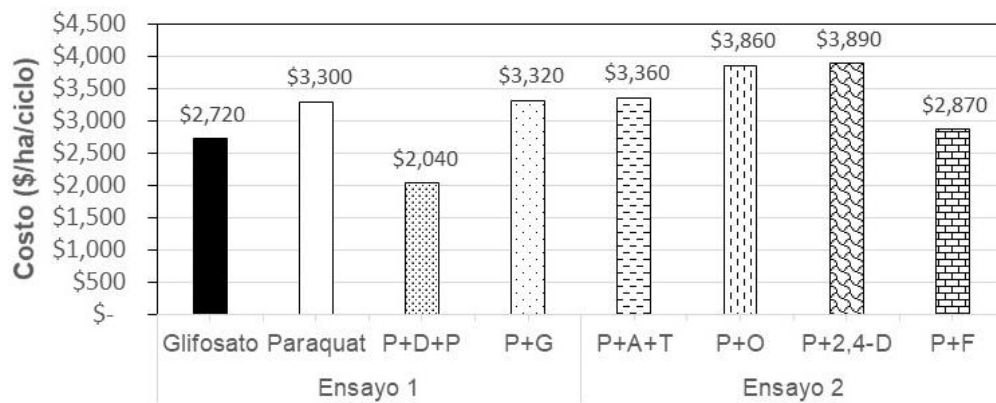


Figura 4. Costo de tratamientos herbicidas para el control de malezas en nogal pecanero de la Región Lagunera.



## Conclusiones

El herbicida paraquat tiene un efecto inmediato y de alta efectividad para la mayoría de malezas, pero con poco tiempo de control. El glifosato actúa lentamente y con un tiempo prolongado de control de malezas, similar a lo observado con los herbicidas dicamba + prosulfuron, oxifluorfen y atrazina + terbutrina cuando se mezclaron con paraquat, los cuales también inhibieron la emergencia de maleza. Por su costo, el tratamiento con paraquat + dicamba + prosulfuron puede ser una alternativa viable para los productores de nogal en la Región Lagunera.

## Referencias

- Burgos N., Tranel P., Streibig J., Davis V., Shaner D., Norsworthy J., Ritz, C. (2013). Review: confirmation of resistance to herbicides and evaluation of resistance levels. *Weed Science*, 61(1), 4-20. doi: 10.1614/WS-D-12-00032.1
- Diez de Ulzurrun P. 2013. Manejo de malezas problema. Modos de acción de herbicida. Red de Conocimiento en Malezas Resistentes. Santa Fe, Argentina. ISSN 2250-5350.
- DOF. 2020. DECRETO por el que se establecen las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada glifosato y de los agroquímicos utilizados en nuestro país que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. Diario oficial de la Federación 31/12/2020. Ciudad de México. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020&print=true)
- Galon L., Castoldi C. T., Forte C. T., De David F. A., Perin G. F., Radunz A. L. (2018). Weed management in beans using subdoses of fluazifop-p-butyl + fomesafen. *Planta Daninha*, 36, doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100054>
- Jhala A., Beckie H., Peters T., Culpepper A., & Norsworthy, J. (2021). Interference and management of herbicide-resistant crop volunteers. *Weed Science*, 69(3), 257-273. doi: 10.1017/wsc.2021.3
- Perkins C.M., Mueller T. C., & Steckel L. E. (2021). Survey of glyphosate resistant junglerice (*Echinochloa colona*) accessions in dicamba-resistant crops in Tennessee. *Weed Technology*, 35(3), 412-418. doi: <https://doi.org/10.1017/wet.2020.131>
- Rosales R. E., Sánchez de la C., R., Cerda G. P. A. (2011). Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(4), 269-275.
- SAS Institute. 2016. Sas System documentation 9.4. SAS/STAT 15.2. Cary, N. C., USA.
- Westwood J., Charudattan R., Duke S., Fennimore S., Marrone P., Slaughter D., . . . Zollinger R. (2018). Weed Management in 2050: perspectives on the future of Weed Science. *Weed Science*, 66(3), 275-285. doi: 10.1017/wsc.2017.78
- Widaryanto E., Roviyaniti F. (2017). Efficacy of oxyfluorfen herbicide for weed control in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*). *Asian Journal Crop Science*. 9, 28-34. doi: 10.3923/ajcs.2017.28.34



## DENSIDAD DE SIEMBRA Y ARREGLOS TOPOLÓGICOS AFECTAN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL PINTO SALTILLO

<sup>1</sup>Diana Janeth Troncoso-Vázquez, <sup>2</sup>Manuel Reveles-Hernández, <sup>2</sup>José Ángel Cid-Ríos, <sup>2</sup>Juan José Figueroa-González, <sup>2</sup>Rodolfo Velázquez-Valle.

<sup>1</sup>Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, Cienaguillas, Zac. <sup>2</sup>Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. Tel. 5538718700 Ext 82320. Correo: cid.angel@inifap.gob.mx

### Introducción

El frijol es una de las leguminosas con mayor impacto económico y social para los productores de este cultivo en México. En el año 2021 se establecieron 1,690,246.99 ha bajo condiciones de riego y temporal, donde el estado de Zacatecas presenta la mayor superficie sembrada con 670,688.23 ha; de las cuales el 96.4 % se establece bajo condiciones de temporal y tan solo el 3.6 % bajo condiciones de riego (SIAP, 2022). En los últimos años es más notoria la necesidad de incrementar la productividad del cultivo. Además, se ha buscado incrementar el rendimiento con la siembra en camas, debido a que este sistema de siembra permite incrementar la densidad de población y la optimización del uso de agua e insumos (De Luna & Ponce, 1995). Por otro lado, se ha encontrado que la siembra de frijol en altas densidades de siembra se tiene un mejor aprovechamiento de agua porque se evita la frecuencia de riegos y no se afecta la fisiología de la planta (Alves et al., 2020). La alta densidad de plantas por hectárea tiene beneficios en la calidad de vainas, en el incremento en el rendimiento por hectárea, sin embargo, la densidad deberá estar en función del hábito de crecimiento del material de frijol que se utiliza (Shirtliffe & Johnston, 2002) en la siembra. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la productividad de la variedad de frijol Pinto Saltillo en dos sistemas de siembra bajo condiciones de riego por goteo.

### Materiales y métodos

La siembra del experimento se realizó el 16 de mayo de 2022 en el INIFAP-Campo Experimental Zacatecas, localizado en el Municipio de Calera, estado de Zacatecas, México (22° 54' 10" N, 102° 29' 28" O) con una altitud de 2198 msnm. Se evaluó la variedad de frijol Saltillo mediante un diseño de arreglo en fajas con submuestreos completamente al azar, en dos sistemas de producción bajo condiciones de riego por goteo. El primer sistema fue en hilera de plantas por surco de 0.76 m de ancho y se utilizó una cintilla de riego por surco. El segundo sistema fue en camas de 1.52 m, con cuatro hileras de plantas con distanciamiento entre ellas de 30 cm y se utilizaron dos cintas de riego por goteo; el distanciamiento entre plantas fue de 10 cm, lo equivalente a 131,000 y 244,000 plantas por hectárea, respectivamente. En ambos sistemas de producción la cintilla de riego utilizada fue de flujo alto, calibre 6000 con 20 cm de distancia entre cada gotero.



Durante el ciclo de cultivo para los dos sistemas de siembra se aplicaron catorce riegos, con un promedio de duración de cuatro horas. La fertilización química utilizada para ambos sistemas de producción fue 50-60-30, expresada en kilogramos por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, misma que fue aplicada en la primera escarda para ambos sistemas de siembra. Al llegar a la madurez fisiológica de las plantas de frijol, en cada sistema de siembra se seleccionaron cinco muestras completamente al azar de tres metros lineales. Finalmente, las muestras se desgranaron de manera manual para la determinación del peso de cien semillas y rendimiento por hectárea.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa el peso de cien semillas, en el cual se encontraron diferencias altamente significativas entre sistemas de siembra ( $P = 0.000$ ). Además, se observó que en el sistema tradicional se obtiene hasta 24.4 % más peso de cien semillas que el sistema de siembra de cuatro hileras. Rosales-Serna *et al.*, 2014 reportó para el peso de cien semillas de 30 g en la variedad Pinto Saltillo.

El rendimiento por hectárea mostró diferencias altamente significativas entre sistemas de siembra ( $P=0.022$ ). Además, se puede apreciar (Cuadro 1), que el sistema de cuatro hileras presentó hasta 19.3 % más de rendimiento que el sistema de siembra tradicional. Los resultados de rendimiento coinciden con los reportados por (Shirliff y Johnston, 2002; Cid-Ríos *et al.*, 2015; Cid-Ríos *et al.*, 2021) donde mencionan que el sistema de altas densidades incrementa el rendimiento por hectárea y además, no se afecta considerablemente la calidad comercial del grano.

Cuadro 1. Comparación de medias para peso de cien semillas y rendimiento por hectárea de la variedad Pinto Saltillo, en los dos sistemas de siembra bajo condiciones de riego, en Calera Zacatecas.

Sistema de siembra	Peso de cien semillas (g)	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Una hilera (surcos 0.76 m)	40.16 <sup>a</sup>	2.570 <sup>b</sup>
Cuatro hileras (camas de 1.52 m)	30.33 <sup>b</sup>	3.186 <sup>a</sup>
C.V.	9.46	15.17

Los valores promedio con letras distintas entre columnas son estadísticamente diferentes con la prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ). CV, es el coeficiente de variación.



## Conclusiones

Al incrementar la densidad de siembra se incrementó considerablemente el rendimiento de grano en frijol Pinto Saltillo.

Al incrementar la densidad de siembra se observa una disminución en el tamaño de grano.

El uso de siembra en altas densidades bajo condiciones de riego por goteo puede ser una alternativa para contribuir al incremento de la rentabilidad del cultivo de frijol Pinto Saltillo bajo condiciones de riego por goteo en el estado de Zacatecas.

## Referencias

- Alves, S. S., Higino V. J., Dos Santos, F. D. B., Da Silva, G. H. and Cabral, A. C. (2020). Impact of Irrigation Frequency and Planting Density on Bean's Morpho-Physiological and Productive Traits. *Water*. 12: 1-13
- Cid-Ríos, J. A., Reveles-Hernández, M. y Ramírez-Cabral, N. Y. Z. (2021). Dos arreglos topológicos y crecimiento de frijol "pinto saltillo" en condiciones comerciales en Morelos, Zacatecas, México. XVII Congreso Nacional y V Congreso Internacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Gómez Palacio, Dgo. México. Pp 262-265
- Cid-Ríos, J. A.; Reveles-Hernández, M. y Figueroa-González, J. J. (2015). Calidad y rendimiento de Pinto Saltillo en dos sistemas de siembra con goteo en Zacatecas. II Congreso Internacional y XI Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Pp. 381-385
- De Luna, J. A. y Ponce, M. A. (1995). Evaluación de cinco leguminosas comestibles bajo dos sistemas de producción en dos años de estudio. Segundo simposio estatal sobre la investigación y desarrollo tecnológico en Aguascalientes. *Investigación y Ciencia*. 4-8
- Rosales-Serna, R., Nava-Berumen, C. A., González-Ramírez, H., Herrera, M. D., Jiménez-Galindo, J. C., Ramírez-Cabral, N. Y., y Osuna-Ceja, E. S. (2014). Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 309-315.
- Shirliffe, S. J. and Johnston, A. M. (2002). Yield-density relationships and optimum plant populations in two cultivars of solid-seeded dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*. 41:521-529
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2020). Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://siap.gob.mx>





## PÉRDIDAS PROVOCADAS POR *Fusarium* Spp. EN PLANTAS DE AJO EN AGUASCALIENTES

Rodolfo Velásquez-Valle<sup>1</sup>, Manuel Reveles-Hernández<sup>2</sup> y José Ángel Cid Ríos<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Pabellón – INIFAP, Km. 32.5 Carr. Aguascalientes – Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, CP 20660, <sup>2</sup> Campo Experimental Zacatecas – INIFAP, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, Calera de V. R., Zacatecas, CP 98500. \* Autor para correspondencia: cid.angel@inifap.gob.mx

### Introducción

El cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en Aguascalientes es parasitado por diversos patógenos que pueden reducir su productividad en forma variable; sin embargo, los parásitos que habitan en el suelo son los responsables de las mayores pérdidas ya que generalmente su infección causa la muerte de las plantas. Entre los patógenos habitantes del suelo se encuentran el nematodo *Ditylenchus dipsaci* Kühn y los hongos *Sclerotium cepivorum* Berk. y *Fusarium* spp. Este último fue inicialmente reportado en las parcelas comerciales de Aguascalientes (Velásquez & Medina, 2004) donde se presentaba en forma dispersa; las plantas afectadas mostraban una coloración café rojiza en el follaje. Velásquez-Valle et al. (2017) reportaron la presencia de *Fusarium* spp. en los dientes de algunos cultivares de ajo provenientes de Aguascalientes y Zacatecas. Un estudio realizado por Ochoa et al. (2012) reveló la presencia de cuatro especies de *Fusarium* en la semilla de ajo, a saber: *F. acuminatum*, *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. verticilloides*. Se carece de información relativa al impacto de la infección por *Fusarium* spp. en las raíces de plantas de ajo y sobre la presencia de diferentes especies del hongo en la raíz de plantas enfermas por lo que los objetivos del trabajo actual consistieron en determinar las pérdidas provocadas en plantas de ajo por la infección por *Fusarium* spp. y en identificar las especies de *Fusarium* presentes en las raíces de plantas de ajo sintomáticas a la enfermedad.

### Materiales y métodos

Para determinar las pérdidas asociadas con la sintomatología atribuida al hongo *Fusarium* spp en parcelas comerciales de Aguascalientes se colectaron al azar 15 plantas enfermas; junto a cada planta enferma se colectó una planta asintomática. En cada planta se tomaron datos de altura, número de hojas, peso en fresco y seco de bulbo y follaje; en las plantas dañadas se estimó el porcentaje de raíces sanas. Para identificar las especies de *Fusarium* presentes en la raíz de las plantas de ajo enfermas se sembraron porciones de la raíz en medio de cultivo PDA y se incubaron a temperatura ambiente por cuatro a cinco días. Posteriormente se identificaron las colonias de *Fusarium* spp. y se realizaron montajes para observar y comparar las características de las macroconidias obtenidas en el medio de cultivo con las reportadas por Ochoa et al. (2012).



## Resultados y discusión

Se colectaron plantas de tres tipos de ajo: Blanco (variedad Piedra Blanca), Jaspeado y Rosado en cinco parcelas comerciales del municipio de Rincón de Romos, Aguascalientes durante el mes de abril de 2022.

En las raíces de plantas de ajo enfermas colectadas en las cinco parcelas se encontraron macroconidias pertenecientes a dos o más especies de *Fusarium*; macroconidias de *F. oxysporum* y *F. solani* se identificaron en las cinco parcelas mientras que *F. acuminatum* se encontró en solamente tres parcelas (Figura 1).

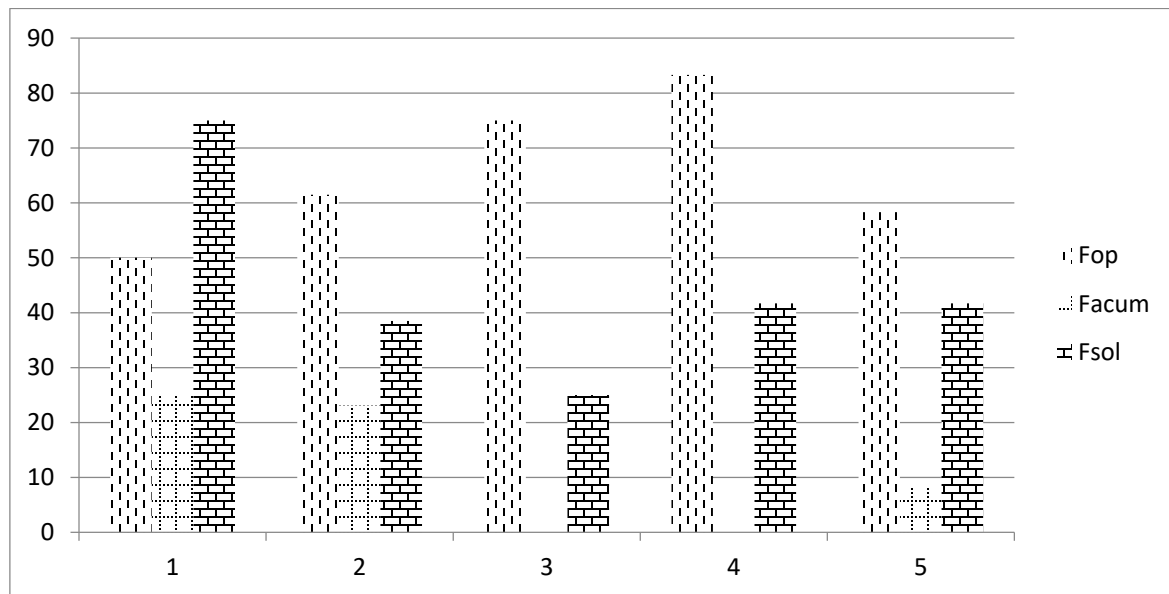


Figura 1. Especies de *Fusarium* presentes en la raíz de plantas de ajo con síntomas de pudrición por Fusarium. Fsol: *F. solani*; Facum: *F. acuminatum*; Fop: *F. oxysporum*.

Es importante destacar el elevado porcentaje de detección de *F. oxysporum* (50 a 83.3%) seguido por *F. solani* (25 a 75%); por su parte, la incidencia de *F. acuminatum* varió entre 8.3 y 25%. Estas tres especies han sido globalmente asociadas con problemas radiculares del ajo (Ochoa et al., 2012; Le et al., 2021). En las plantas provenientes de la parcela con la variedad Piedra Blanca (parcela 1) se registró el menor porcentaje de detección (50%) de *F. oxysporum*, en comparación con las otras cuatro parcelas; sin embargo, en esta variedad también se obtuvieron los mayores porcentajes de detección para *F. acuminatum* y *F. solani*, 25 y 75%, respectivamente. En las plantas del tipo Rosado (parcela 3) se consignó el porcentaje de detección más elevado de *F. oxysporum* (83.3%). Finalmente, las plantas de los tipos jaspeados en las parcelas 3 y 5 registraron los porcentajes de detección más reducidos, 25% para *F. solani* y 8.3% para *F. acuminatum*, respectivamente.



Al comparar plantas de diferentes tipos de ajo con síntomas de pudrición por *Fusarium* y plantas asintomáticas se registraron pérdidas en las plantas enfermas en características como altura, número de hojas, peso fresco de bulbo, follaje y peso fresco total (Cuadro 1).

Cuadro 1. Pérdida (%) en altura, número de hojas, peso fresco de bulbo, follaje y total de plantas de ajo con síntomas de pudrición por *Fusarium*.

Parcela	Pérdida (%)				
	Altura (cm)	Número de hojas	Bulbo	Follaje	Peso total
1	19.4	51.5	43.3	53.1	49.6
2	29.9	61.0	39.7	53.4	49.2
3	31.7	63.3	39.2	51.1	47.4
4	19.2	52.7	44.8	26.3	35.0
5	32.2	52.2	22.6	52.1	37.5

La pérdida más severa de hojas se observó en el número de hojas ya que en las cinco parcelas siempre superó el 50%; destacan las parcelas 2 y 3 (tipos jaspeados) con más del 60% de pérdida en el número de hojas presentes al momento de la evaluación. El rango de pérdida de altura en las plantas de ajo enfermas osciló entre 19.2 (Rosado) y 32.2% (Jaspeado) lo cual sugeriría el enanismo como un síntoma asociado con la enfermedad (Cuadro 1).

En las cinco parcelas se registró una pérdida de peso en los bulbos de plantas enfermas con respecto a las sanas; la mayor pérdida de peso, 44.8 y 43.3%, se registró en las parcelas 1 (blanco) y 4 (rosado), respectivamente. Es notable que las plantas de esas mismas parcelas fueron las obtuvieron el menor porcentaje de pérdida de altura de planta, 19.2 y 19.4% para las de tipo rosado y blanco, respectivamente (Cuadro 1).

La pérdida de peso del follaje independientemente del tipo de ajo fue consistentemente mayor al 50% en cuatro parcelas (rango: 51.1 a 53.4%) excepto en la parcela 4 (tipo rosado) donde la pérdida de peso fue cercana al 26%; el comportamiento de esta variedad es contrastante ya que si bien mostró el menor porcentaje de pérdida de altura (19.2%) también registró la mayor pérdida de peso en bulbo (44.8%) (Cuadro 1).

Con respecto a la pérdida de peso total, las plantas de la variedad Piedra Blanca (parcela 1) obtuvieron la mayor pérdida (49.6%) mientras que en las plantas del tipo rosado se observó la menor pérdida (35%), lo cual coincide con la menor pérdida de peso en follaje y altura, pero también con la mayor pérdida de peso en bulbo (Cuadro 1).

En plantas de cuatro de las cinco parcelas muestreadas, independientemente del tipo de ajo, se registró la misma tendencia en el porcentaje de pérdida de peso de bulbo, follaje y total; la pérdida (%) de peso del follaje fue mayor a la de bulbo o total y la de peso total fue superior a la de bulbo. Los resultados anteriores no coinciden con los obtenidos en la parcela 4 donde la pérdida de peso en bulbo supera a la de follaje y total (Figura 2).

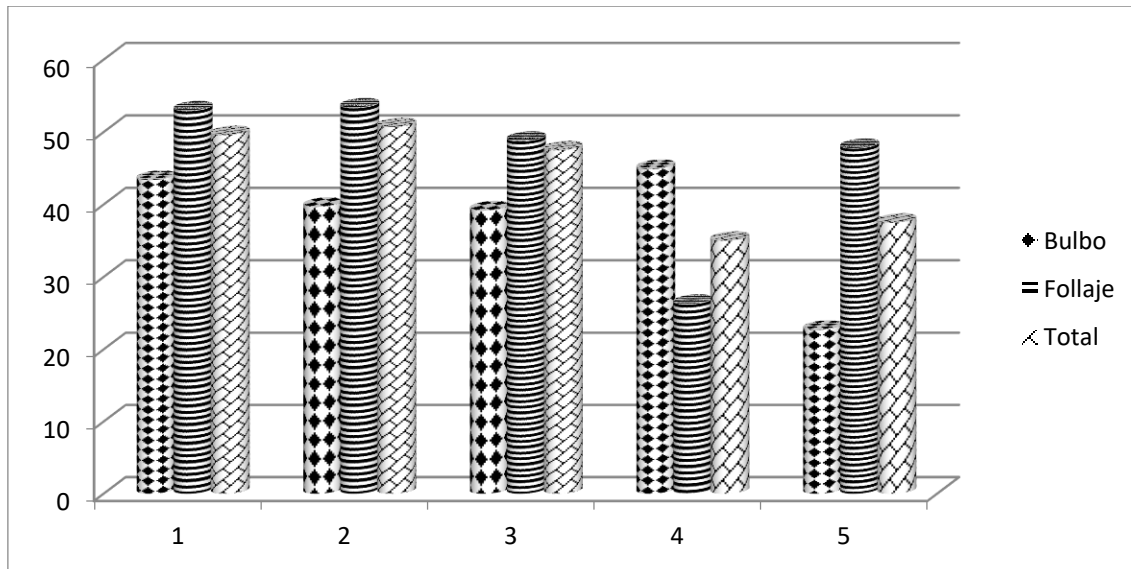


Figura 2. Efecto de la infección por *Fusarium* spp. en el peso fresco de bulbo, follaje y total de plantas de diferentes tipos de ajo colectadas en cinco parcelas de Aguascalientes.

Las pérdidas (%) en el peso seco de bulbo oscilaron entre 9.0 y 50.3%; entre 37.2 y 48.5% en el peso seco de follaje y desde 33.0 hasta 48.1% en el peso total (Cuadro 2). Es interesante notar que los bulbos de las plantas colectadas en la parcela 3 mostraron la menor pérdida (%) de peso seco, pero alcanzaron el mayor porcentaje de pérdida de peso seco de follaje (48.5%). Esto último no influyó para que también se registrara la menor pérdida de peso total (33.0%) en esta parcela. No se advierte una tendencia clara ya que, por ejemplo, la mayor pérdida de peso en bulbo se obtuvo en la parcela 5 (50.3%) pero en esa parcela también se registra la pérdida mínima de peso de follaje (37.2%) con 43% de pérdida de peso total.

Cuadro 2. Pérdida (%) peso seco de bulbo, follaje y total de plantas de ajo con síntomas de pudrición por *Fusarium*.

Parcela	Pérdida (%)		
	Bulbo	Follaje	Peso total
1	47.0	47.2	47.1
2	49.5	45.7	48.1
3	9.0	48.5	33.0
4	42.2	47.7	44.5
5	50.3	37.2	43.0

Solamente en las parcelas 3 y 4 se mantuvo la tendencia de pérdida de peso seco (Figura 3) que se había registrado en el peso en fresco donde la mayor pérdida de peso se registra en el follaje seguido por el peso total y finalmente, el peso de bulbo. Es posible que esta diversidad de resultados en peso seco sea el reflejo del manejo agronómico recibido o de características varietales.

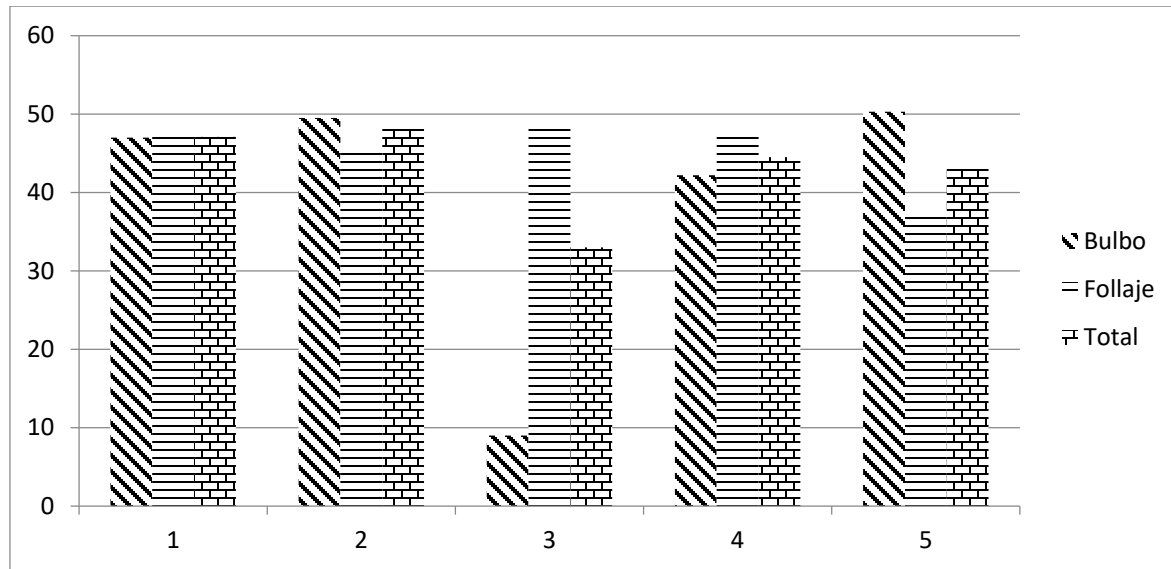


Figura 3. Efecto de la infección por *Fusarium* spp. en el peso seco de bulbo, follaje y total de plantas de diferentes tipos de ajo colectadas en cinco parcelas de Aguascalientes.

La pudrición por *Fusarium* es una enfermedad que se presenta tardíamente en el ciclo de cultivo del ajo, por lo que las plantas enfermas no son eliminadas previamente al corte y se cosechan junto con las plantas sanas, sin embargo, de acuerdo a los datos obtenidos los bulbos de las plantas afectadas pueden haber perdido del 40 al 50% de su peso.

## Conclusiones

En las raíces de plantas de ajo con síntomas de pudrición por *Fusarium* se encontraron esporas de *Fusarium oxysporum*, *F. solani* y *F. acuminatum*, aunque la frecuencia de detección fue mayor para *F. oxysporum* seguido por *F. solani* y *F. acuminatum*. El impacto de la enfermedad en el peso seco de bulbos fue variable, pero en la mayoría de las parcelas muestreadas la pérdida de peso seco osciló entre 40 y 50%.

## Referencias

- Le, D., Audenaert, K., Haesaert, G. (2021). *Fusarium* basal rot: profile of an increasingly important disease in *Allium* spp. *Tropical Plant Pathology*, 46(3), 241-253.
- Ochoa, F. Y. M., Cerna, C. E., Gallegos, M. G., Landeros, F. G., Delgado, O. J. C., Hernández, C. S., Rodríguez, G. R., y Olalde, P. V. (2012). Identificación de especies de *Fusarium* en semilla de ajo en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Micología* 36:27-31.
- Velásquez, V. R. y Medina, A. M. M. (2004). Guía para conocer y manejar las enfermedades más comunes de la raíz del ajo en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto para Productores No. 34. Campo Experimental Pabellón-CIRNOC-INIFAP. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 18 p.
- Velásquez-Valle, R., Macías-Valdez, L. M. y Reveles-Hernández, M. (2017). Patógenos comunes de semilla de ajo en Aguascalientes y Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:1881-1885.



## RESPUESTAS FISIOLÓGICAS AL DÉFICIT HÍDRICO EN DOS CULTIVARES DE CHILE (*Capsicum annuum* L.)

Isaac Gramillo-Ávila<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, José Alfredo Samaniego-Gaxiola<sup>2</sup>,  
José Antonio Miranda-Rojas<sup>1</sup>, Ramón Reyes-Urias<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km, 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua. Bermejillo, Dgo. CP. 35230. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Matamoros, Coahuila. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos de importancia global con una producción de 24 millones de toneladas (Latournerie et al., 2015). A nivel nacional, forma parte de la dieta familiar de los mexicanos. En la región denominada como la Comarca Lagunera existe un fuerte problema por el uso ineficiente del agua que, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2015) la sobreexplotación del acuífero sobrepasa a la recarga anual del acuífero y donde principal consumidor es el sector agropecuario con un 76 % del recurso (INEGI, 2020). El objetivo de este estudio fue evaluar dos cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) jalapeño y chilaca, en su respuesta al déficit hídrico y su impacto en la fisiología de la planta como base de la productividad.

### Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el área experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en Bermejillo, Durango, México. El área se ubica a 101° 41' y 104° 61' LO y 24° 22' y 26° 23' LN (Medina, 2005). Se usó un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro repeticiones en arreglo de parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron: el contenido óptimo de humedad del suelo (COHS) y contenido subóptimo de humedad del suelo (CSHS), correspondiente a los rangos de 22 - 27% y 16 - 21%, respectivamente. Las parcelas chicas fueron los cultivares de chile, jalapeño y chilaca. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 8 m de longitud y 0.8 m de ancho entre surcos, con sistema de trasplante de plántula de 15 cm de altura a una distancia de 30 cm entre plantas y una densidad de población de 41,562.5 plantas ha<sup>-1</sup>. El contenido de humedad se determinó de acuerdo con la curva de abatimiento de humedad, determinada por el método de la olla de membrana (Richards, 1948), la capacidad de campo (CC) del suelo del área experimental es de 27 % de humedad edáfica; el punto de marchitez permanente (PMP) fue de 14 %.

Las variables fisiológicas medidas durante las estaciones de primavera, verano y otoño de 2021 y correspondieron a: contenido relativo de agua (%) (CRA); fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); conductancia estomática (adimensional) y; transpiración ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y; uso eficiente del agua.



## Resultados y discusión

El chile chilaca presentó un mayor contenido relativo de agua (%) en COHS respecto al chile jalapeño con una diferencia porcentual de 2.7, mientras que en CSHS los dos cultivares tuvieron un contenido relativo de agua similar ya que no hubo una diferencia significativa (Figura 1). Estos resultados muestran que el cultivar de chile chilaca tiene una mayor capacidad de retención de agua en COHS, lo cual sugiere que sea debido a una menor tasa de conductancia estomática, la cual fue de 0.10, con respecto al chile jalapeño que fue de 0.13 (Cuadro 1).

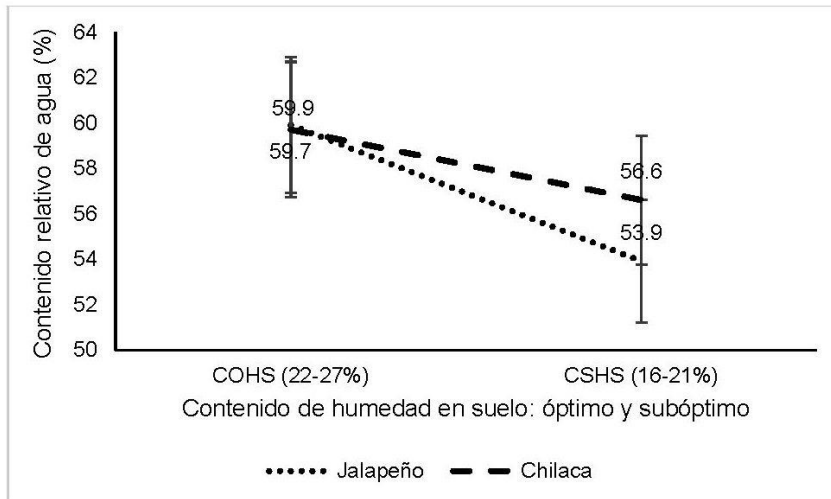


Figura 1. Comportamiento del contenido relativo de agua (CRA) de dos cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) en condiciones óptimas (COHS) y subóptimas (CSHS) de contenido de humedad del suelo.

Tanto el chile jalapeño como el chile chilaca en COHS no mostraron diferencia estadística significativa en términos de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración, pero al pasar a CSHS, el chile jalapeño fue mayor en estas variables con valores de  $14.3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ,  $0.13$  y  $4.58 \text{ mol H}_2\text{O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente, respecto de la respuesta obtenida el chile chilaca; no hubo diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) entre cultivares en términos de uso eficiente del agua por efecto del contenido de humedad del suelo (Cuadro 1). Lo anterior, sugiere una mejor respuesta productiva del chile jalapeño, respecto del chilaca, al mostrar una mejor respuesta fisiológica ante condiciones de déficit hídrico.



Cuadro 1. Efecto del contenido de humedad del suelo en dos variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) en diferentes variables fisiológicas de la planta. Promedio de dos fechas de evaluación en los meses de junio y julio, 2021.

Variedad	COHS (22 - 26 %)				CSHS (17 -21 %)			
	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	COND	TRANS ( $\text{mol H}_2\text{O}_2$ $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	EUA	FOTO ( $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	COND	TRANS ( $\text{mol H}_2\text{O}_2$ $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	EUA
Jalapeño	20.18 a $\pm 4.55$	0.25 a $\pm 0.08$	7.44 a $\pm 1.90$	2.75 a $\pm 0.47$	14.35 a $\pm 4.90$	0.13 a $\pm 0.04$	4.58 a $\pm 1.22$	3.10 a $\pm 0.66$
Chilaca	20.24 a $\pm 4.73$	0.23 a $\pm 0.04$	7.36 a $\pm 1.50$	2.79 a $\pm 0.62$	10.81 b $\pm 6.22$	0.10 b $\pm 0.05$	3.53 b $\pm 1.75$	2.91 a $\pm 0.90$
Promedio	20.45	0.24	7.4	2.77	12.58	0.18	4.05	3.0

Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. COHS= Contenido óptimo de humedad del suelo; contenido subóptimo de humedad del suelo; FOTO= fotosíntesis; COND= conductancia estomática; TRANS= transpiración; EUA= eficiencia en el uso del agua.

## Conclusiones

Bajo condiciones óptimas de humedad del suelo (22-27 %) las dos variedades de chile se comportan igual en términos fisiológicos de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración, pero al pasar a una condición subóptima de humedad del suelo (18-21 %), el chile jalapeño fue mejor en término de estas variables, respecto del chile chilaca, lo cual coloca al primero como un material genético de mayor perspectiva ante condiciones de déficit hídrico, aun cuando no hubo diferencia entre cultivares de chile en el uso eficiente del agua en ninguno de los dos contenidos de humedad del suelo. Habría que identificar su respuesta final en términos productivos para ver si esta respuesta se mantiene, por ahora lo importante fue identificar qué cultivar es la mejor opción acorde a los recursos hídricos disponibles, desde el punto de vista de algunas variables fisiológicas.

## Referencias

- Latournerie, L., López, J., Castañón, G., Mijangos, J., Espadas, G., Pérez, A., y Ruiz, E. (2015). Evaluación agronómica de germoplasma de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agroproductividad 1: 24-29.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) (2015). Disponibilidad de acuíferos. Subdirección General Técnica. Gerencia de Agua Subterránea.
- INEGI, (2020). Cuéntame de México, territorio. <https://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>
- Medina, G, G., Díaz, P. G., López, H, J., Ruiz, C. J. A., Marín, S. M. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 - 2003). Libro Técnico Núm.1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOCINIFAP. 224p.
- Richards, L. A (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. Soil Science 66: 105-110.





## CALIDAD NUTRICIONAL DE PASTA ELABORADA CON TRIGO Y COTILEDONES DE FRIJOL NEGRO SAN LUIS

Raquel K. Cruz Bravo<sup>1\*</sup>, Salvador Horacio Guzmán Maldonado<sup>2</sup>, Mayra Denise Herrera<sup>1</sup>, Blanca Isabel Sánchez Toledano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP Zacatecas, Carretera Zacatecas- Fresnillo Km. 20.5. Calera de V.R., Zacatecas. C.P. 98500; <sup>2</sup>INIFAP Bajío, Km. 6.5. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, México. \*Autor de correspondencia: cruz.raquel@inifap.gob.mx

### Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) es uno de los principales cultivos en México, siendo el estado de Zacatecas el que destina la mayor superficie para la producción de esta leguminosa, por lo que se le considera un producto estratégico en el desarrollo rural y social del país, ya que representa una tradición productiva y de consumo, cumpliendo diversas funciones tanto de carácter alimentario como para el desarrollo socioeconómico. Sin embargo, el consumo de frijol ha disminuido considerablemente en las últimas décadas, lo que provoca que la cadena de valor del frijol se vea debilitada por la falta de competitividad que tiene en el mercado.

Una forma de incrementarla es mediante la transformación agroindustrial del grano para diversificar su oferta o alternativas de consumo. Por otra parte, es importante resaltar los beneficios del consumo de esta leguminosa en la salud humana, ya que, por su composición química, puede representar una buena fuente de proteínas, minerales, vitaminas del complejo B, carbohidratos, compuestos antioxidantes, fibra, entre otros. Este aspecto adquiere relevancia en la actualidad frente a diversos problemas de salud pública relacionadas con la mala alimentación, tales como la obesidad, *diabetes mellitus* y enfermedades cardiovasculares, entre otras.

Con base en lo anteriormente expuesto, se elaboraron tallarines con sémola de trigo y harina extruída de cotiledones (HEC) de frijol Negro San Luis con el objetivo de ofrecer una alternativa de consumo ampliamente aceptada en la población, con mayor calidad nutricional y nutracéutica que, además, contribuya en la agregación de valor a este cultivo. Para lo anterior, se decortican los granos del frijol para separar la testa de los cotiledones; estos últimos se molieron y la harina resultante se extruyó y se usó para elaborar tallarines en combinación con sémola de trigo (ST), así como un testigo de 100 % ST. Finalmente, se realizó el análisis proximal y contenido de fibra de las harinas y las pastas correspondientes.

### Materiales y métodos

El frijol variedad Negro San Luis se adquirió con un productor local. Se utilizaron ingredientes de origen comercial para elaborar los tallarines.

Los granos de frijol se limpiaron y se decortican, se separó la testa de los cotiledones y estos últimos se molieron hasta obtener una harina fina.



Con el propósito de mitigar los factores antinutricionales en la harina cruda de cotiledones de frijol, se extruyó la misma bajo las siguientes condiciones: humedad 22 %, tornillo 1:1, dado de salida de 3 mm, temperatura en las cuatro zonas de 120 °C, velocidad de alimentación de 30 g de harina por minuto y una velocidad de extrusión de 95 rpm.

El extrudido se secó en un horno de convección y se molió hasta obtener una harina fina. Posteriormente, se elaboraron los tallarines como sigue: 70 % de sólidos, 25 % de agua y 5 % de huevo. Del 100 % de los sólidos, se usó una proporción 75/25 (ST/HEC, respectivamente) más un control de 100 % sémola de trigo.

El análisis proximal (humedad, proteína, ceniza y grasa) de las harinas y tallarines se realizó de acuerdo a los siguientes métodos descritas en el AOAC (2002):

Las cenizas de la muestra se determinaron siguiendo el método 945.46

Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = [(W1 + M1) - (M2 - W1)] \times 100$$

Donde:

W1 = Peso del crisol; M1 = Peso de la muestra; M2 = Peso de la muestra calcinada

La humedad se determinó de acuerdo al método 925.23

Cálculos:

$$\% \text{ de humedad y material volátil} = (W2 - W1) \times 100 / W \text{ Muestra}$$

Donde:

W2 = Peso de la cápsula + muestra; W1 = Peso de la cápsula + muestra (después de secado).

La proteína total se determinó utilizando el método 920.105 (Kjeldhal).

Cálculos:

$$\% \text{ N} = (A - B) \times C \times D \times 100$$

$$\% \text{ P} = \% \text{ N} (6.25)$$

Donde:

A = mL solución gastados en la muestra problema; B = mL solución gastados del blanco; C = meq N2 0.014; D = Normalidad del ácido; M = Peso de la muestra.



Los lípidos totales se determinarán utilizando el método 920.39 (extracto etéreo)

Cálculos:

$$\% \text{ de grasa} = [(Pf - Po)/M] \times 100$$

Donde:

Pf = Peso del recipiente después de la extracción (g); Po = Peso del recipiente antes de la extracción (g); m = Peso de la muestra (g)

La fibra dietética total (FDT) se determinó de acuerdo al método descrito por Prosky *et al.*, 1985.

El almidón resistente (AR) se determinó de acuerdo a lo descrito por Saura-Calixto *et al.*, 1993.

## Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presenta la composición proximal de la harina cruda de cotiledones de frijol (HCC), harina extruída de frijol (HEC), así como los tallarines elaborados con sémola de trigo (ST) y HEC, y el testigo de 100 % ST. Puede observarse que el porcentaje de humedad fue similar en todos los casos, siendo mayor en la pasta testigo, debido a la capacidad de absorción de agua del trigo, lo que no solamente puede influir en la textura del producto, sino también en su actividad de agua y vida de anaquel (Ribeiro *et al.*, 2021). Estos resultados son similares a los reportados por Gallegos-Infante *et al.*, (2010) quienes elaboraron spaghetti con frijol de grano entero.

Como era de esperarse, las harinas de frijol presentaron considerablemente mayor cantidad de cenizas, las cuales se relacionan con el contenido de minerales en los alimentos (Harris *et al.*, 2017), esto se ve reflejado en el mayor contenido de cenizas en los tallarines con HEC en comparación al testigo, lo que influye en la calidad nutricional de la pasta.

Respecto a las proteínas, puede notarse que la adición de HEC influyó de manera positiva en el contenido de estos nutrimentos en la pasta elaborada con HEC (Cuadro 1), quien presentó una diferencia significativa en comparación con la harina testigo de 100 % ST, lo que reafirma que el uso de la HEC aumenta la calidad de la pasta.

Finalmente, el contenido de grasa fue mayor en la pasta testigo respecto a la pasta con HEC (Cuadro 1); sin embargo, se encuentran en el rango generalmente reportado para pastas (Varela *et al.*, 2019).



Cuadro 1. Composición proximal (%) de harinas de cotiledones de frijol y pastas

Muestra	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteínas
Harina cruda de cotiledones	3.35 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.85 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.06 ± 0.17 <sup>b</sup>	21.55 ± 0.38 <sup>a</sup>
Harina extruída de cotiledones	3.79 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.56 ± 0.005 <sup>a</sup>	2.03 ± 0.05 <sup>b</sup>	22.4 ± 0.10 <sup>a</sup>
Tallarines con HEC	3.43 ± 0.04 <sup>c</sup>	1.4 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.63 ± 0.13 <sup>ab</sup>	14.73 ± 0.15 <sup>b</sup>
Tallarines testigo	4.63 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.005 <sup>d</sup>	2.74 ± 0.05 <sup>a</sup>	12.21 ± 0.04 <sup>c</sup>

HEC: harina extruída de cotiledones. Tallarines testigo: elaborada con 100 % sémola de trigo. Los resultados se presentan como la media el ± error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre muestras. Prueba de Tukey  $\alpha=0.05$ .

Por otra parte, puede observarse en el cuadro 2 que las harinas de cotiledones de frijol tienen significativamente más fibra dietética total (FDT), lo cual sugiere una excelente fuente de este componente si se utiliza como aditivo en el desarrollo de alimentos funcionales. En este sentido, se ha reportado que la fibra dietética del frijol promueve la salud del colon y ayuda a disminuir los niveles de glucosa, triglicéridos y colesterol séricos (Pérez-Ramírez et al., 2018). Esta ventaja se puede observar, por consecuencia, en el contenido de FDT de los tallarines adicionados con HEC, el cual es de casi el doble respecto a la pasta testigo (100 % ST) (Cuadro 2).

Respecto al contenido de almidón resistente (Cuadro 2), se observó una disminución del mismo en la HEC, posiblemente debido a la disminución de agua en la harina (Cuadro 1) durante el proceso de extrusión (Simons et al., 2014). Asimismo, puede observarse que los tallarines con HEC presentaron significativamente mayor cantidad de almidón resistente que la pasta testigo. Este efecto también se ha reportado por Grajales-García et al., (2012), quienes observaron un incremento significativo en el almidón resistente al adicionar harina de frijol a tortillas de maíz nixtamalizado, así como una disminución en el almidón disponible y el índice glicémico de dichas tortillas, lo que confirma los beneficios del uso de harinas de para mejorar el potencial nutracéutico de productos alimentarios.

Cuadro 2. Fibra dietética y almidón resistente (%) en las harinas de cotiledones de frijol y pastas

Muestra	Fibra dietética total	Almidón resistente
Harina cruda de cotiledones	25.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	3.75 ± 0.22 <sup>c</sup>
Harina extruída de cotiledones	21.73 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.88 ± 0 <sup>c</sup>
Tallarines con HEC	11.26 ± 0.21 <sup>c</sup>	7.07 ± 0.13 <sup>a</sup>
Tallarines testigo	6.45 ± 0.14 <sup>d</sup>	5.64 ± 0.23 <sup>b</sup>

HEC: harina extruída de cotiledones. Tallarines testigo: elaborada con 100 % sémola de trigo. Los resultados se presentan como la media el ± error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre muestras. Prueba de Tukey  $\alpha=0.05$ .



## Conclusión

El uso de la harina extruída de cotiledones (HEC) mejoró la calidad nutricional (proteínas, materia inorgánica, grasa) de la pasta tipo tallarines, en comparación con los tallarines testigo de 100 % de sémola de trigo. Asimismo, la adición de la HEC aumentó significativamente el contenido de fibra dietética y de almidón resistente, relacionados con la prevención de padecer enfermedades crónico-degenerativas relacionadas con la nutrición, por lo que se sugiere que el uso de la HEC de frijol es un subproducto que puede aprovecharse para elaborar productos alimentarios con mayor calidad nutricional y nutracéutica, además de ser una alternativa para agregar valor e incrementar la competitividad del cultivo de frijol.

## Referencias

- Association of Official Analytical Chemists. [AOAC] (2002). Official methods of analysis. 17th ed. Arlington, Va.: AOAC.
- Gallegos-Infante, J.A., Bello-Perez, L.A., Rocha-Guzman, N.E., Gonzalez-Laredo, R.F., Avila-Ontiveros, M. (2010). Effect of the addition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour on the in vitro digestibility of starch and undigestible carbohydrates in spaghetti. *J Food Sci.* 75(5), H151-H156.
- Grajales-García, E. M., Osorio-Díaz, P., Goñi, I., Hervert-Hernández, D., Guzmán-Maldonado, S. H., & Bello-Pérez, L. A. (2012). Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. *Int J Mol Sci*, 13(1), 286-301.
- Harris, G.K., Marshall, M.R. (2017). Ash Analysis. In: Nielsen, S.S. (eds) *Food Analysis*. Food Science Text Series. Springer, Cham.
- Perez-Ramirez, I.F., Becerril-Ocampo, L.J., Reynoso-Camacho, R., Herrera, M.D., Sasaki, T. (2005). Effect of wheat starch characteristics on the gelatinization, retrogradation and gelation properties. *JARQ*. 39, 253-260.
- Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W., Furda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem*. 71, 1017-1023.
- Ribeiro, A.R., Botelho, G., Gaspar, A., Costa, R. (2021). Storage Stability of Durum Wheat Pasta Enriched with Seaweeds Flours. *Foods*. 10, 2450.
- Sasaki, T. (2005). Effect of wheat starch characteristics on the gelatinization, retrogradation and gelation properties. *JARQ*. 39, 253-260.
- Saura-Calixto F, Goñi I, Bravo L, Mañas, E. (1993). Resistant starch in foods: modified method for dietary fiber residues. *J. Food Sci.* 58: 642-643.
- Simons, C.W., Hall, C., Tulbek, M., Mendis, M., Heck, T., Ogunyemi, S. (2015). Acceptability and characterization of extruded pinto, navy and black beans. *J Sci Food Agric*. 95(11):2287-2291.
- Varela, C.N., Fajardo, M.A., Garrido, B.R., Alassia, F.R., Garrido, C.V., León, N.M., & Cian, R.E. (2019). Composición química y calidad proteica de fideos complementados con harina de *Porphyra columbina*. *Diaeta*, 37(167), 08-17.



## CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA DE ESCORRENTÍA EN ZONAS ÁRIDAS

José Antonio Miranda-Rojas<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>,  
Ignacio Sanches-Cohen<sup>2</sup>, Isaac Gramillo-Ávila<sup>1</sup>, Ramon Reyes-Urias<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha canal de Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. CP. 35079. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

A nivel global, el sector agrícola consume más del 70% del agua disponible para usos productivos (Rehman et al., 2017). En México el consumo de agua por este sector es de más del 80 % (Martínez et al., 2017). La agricultura de escorrentía es una de las opciones para un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos en zonas de escasa precipitación pluvial, lo cual puede mitigar el impacto ambiental por la sobreexplotación del acuífero que se hace del vital líquido en la agricultura de riego (Azpilcueta et al., 2018). Para un mejor aprovechamiento del agua que se colecta en las partes bajas de una cuenca hidrológica, existen diferentes técnicas de captación del agua de lluvia: diseño de terrazas en curvas a nivel, construcción de microcuencas y el uso de retenedores de humedad para prolongar el contenido de humedad en el suelo (Pedroza et al., 2022). El objetivo de este estudio fue encontrar la función estocástica de la relación existente entre el escurrimiento superficial en términos de contenido de humedad del suelo con el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo de maíz en la cuenca baja del Río Nazas-Aguanaval del Estado de Durango.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ejido La Purísima del Municipio de Mapimí que se ubica a 25° 52' 12" LN y 103° 43' 56" LO. El área tiene una elevación de 1,176 msnm y presenta un clima seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco. La precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación potencial media anual de 2,000 mm, temperatura media anual de 21°C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C (Medina et al., 2005). Para hacer las evaluaciones correspondientes, se seleccionó una parcela productiva de maíz desde la fase de siembra. En la parcela se aplicó un muestreo simple aleatorio, seleccionando cinco sitios dentro de la parcela y en cada sitio se tomaron cuatro plantas para medir las variables, las cuales fueron: contenido de humedad del suelo (%), índice de clorofila, altura de planta (cm) y área foliar (cm<sup>2</sup>); los muestreos se realizaron cada 15 días a partir de agosto de 2021. Finalmente, se obtuvo el rendimiento por unidad de superficie, para lo cual se tomaron las plantas existentes en un área de 3 m<sup>2</sup> en cada uno de los sitios de muestreo, dentro de la parcela productiva.



## Resultados y Discusión

El crecimiento de la planta fue relativamente normal, considerando que la agricultura de escorrentía definida como de precipitación deficiente, errática y torrencial, lo que la clasifica como de alto grado de incertidumbre ambiental. La planta de maíz creció a una tasa logarítmica de 77.08 ( $R^2= 0.82$ ), con una ligera mayor velocidad de crecimiento en los primeros 30 días después de la siembra (DDS), para después mostrar un crecimiento más lento con tendencia a la estabilización en la etapa de madurez. Un comportamiento similar mostró el contenido de clorofila a través del tiempo a una tasa logarítmica de 45.36 ( $R^2=0.63$ ), con una mayor aceleración de concentración de este pigmento en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, para después de los 20 DDS tender a estabilizarse (Figura 1B).

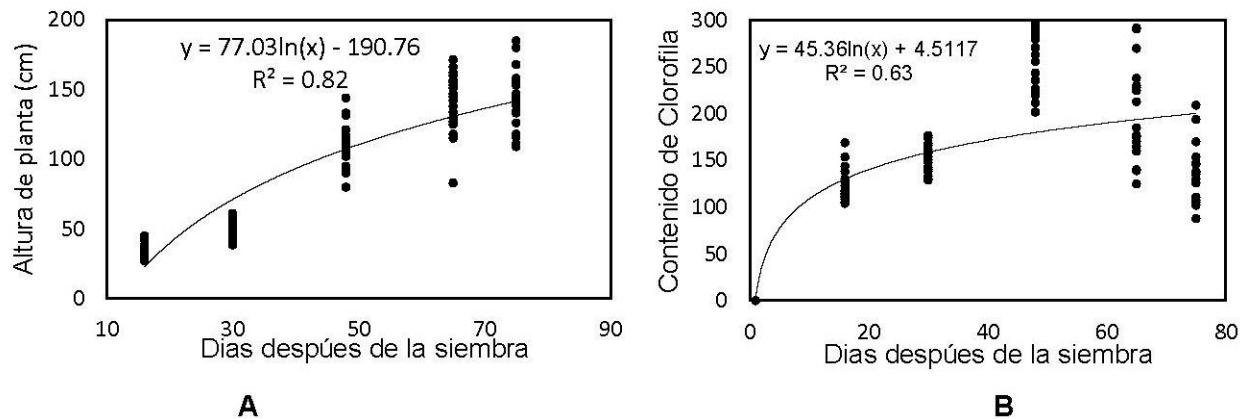


Figura 1. Comportamiento del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) (A) y contenido de clorofila (B) en función del tiempo transcurrido en días después de la siembra en un sistema de temporal con agricultura de escorrentía.

Respecto al comportamiento del crecimiento de la planta en función de la humedad del suelo disponible de acuerdo a los escurrimientos superficiales ocurridos, se tiene que la planta mostró un crecimiento lineal a una tasa de 3.47 ( $R^2= 0.36$ ), conforme se incrementó el contenido de humedad del suelo y a la inversa (Figura 2A), con un comportamiento más errático, por el bajo ajuste al modelo, lo cual es comprensible bajo las condiciones de incertidumbre de la precipitación pluvial que caracteriza a la región de estudio. Una tendencia muy similar mostró el área foliar, pero a una tasa de incremento mayor, la cual fue de 22.14 conforme se incrementó la humedad del suelo y con un ligero mejor ajuste al modelo usado ( $R^2= 0.40$ ) (Figura 2B).

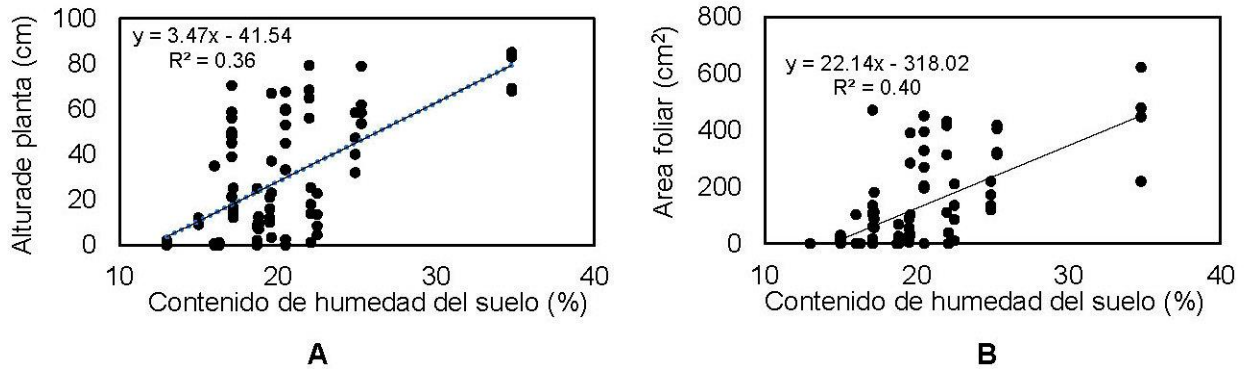


Figura 2. Comportamiento del crecimiento (A) y área foliar (B) del maíz (*Zea mays* L.) en función del contenido de humedad del suelo en un sistema de temporal con agricultura de escurrentía.

Finalmente se tiene que el rendimiento obtenido, conforme a la metodología indicada para su determinación fue de 26.28 ton ha<sup>-1</sup> de biomasa fresca para uso como forraje y un rendimiento de 0.57 ton ha<sup>-1</sup> de grano.

## Conclusiones

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es una planta que mostró una adecuada capacidad de adaptación en términos de crecimiento de planta, área foliar y contenido de clorofila a través de las diferentes etapas de desarrollo del cultivo y el contenido de humedad del suelo disponible para la planta en un sistema de agricultura de escurrentía, donde el promedio de precipitación anual en la región es de 258 mm. La producción de 26.28 ton ha<sup>-1</sup> de biomasa y 0.57 ton ha<sup>-1</sup> de grano, se considera como muy favorable, considerando que es un material genético regional de doble propósito, pero más dirigido a usarse como forraje para ganado bovino.

## Referencias

- Azpilcueta-Pérez, M.E., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Sánchez-Cohen, I. y Jacobo-Salcedo, Ma. Del R. 2018. Chemical residuality in maize (*Zea mays* L.) fields irrigated with deep well water. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(13): 111-117.
- Martínez, E., Espitia, E., Villaseñor, H., Hortelano, R., Muñiz, E., y Zamudio, A. (2017). Calidad industrial del trigo harinero en función del número de riegos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8 (7): 1497-1508.
- Medina, G., Díaz, P., López, H., Ruíz, C. y Marín, S. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 - 2003). Libro Técnico N°1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP.
- Pedroza, A., Sánchez, I., y Trejo, R. (2022). Captación de agua de lluvia para zonas con déficit hídrico. Agenda digital en plataforma Python. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. Primera Edición. 27 p.
- Rehman, A., Chandio, A., Hussain, I., y Jingdong, L. (2017). Fertilizer consumption, water availability and credit distribution: Major factors affecting agricultural productivity in Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 18 (3): (IN PRESS).





## CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL SORGO (*Sorghum spp.*) BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA DE ESCORRENTÍA EN ZONAS ÁRIDAS

José Antonio Miranda-Rojas<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>,  
Ignacio Sanches-Cohen<sup>2</sup>, Isaac Gramillo-Ávila<sup>1</sup>, Ramón Reyes-Urias<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha. Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. CP. 35079. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

Los cultivos alternativos menos consumidores de agua, pero competitivos en productividad, son una alternativa viable en áreas deprimidas por la escasez del recurso hídrico (Sifuentes et al., 2020). En las áreas de temporal deficiente, la agricultura de escorrentía representa una opción productiva mediante el aprovechamiento del escurrimiento superficial que producen las lluvias disminuidas, erráticas y de carácter torrencial, mediante sistemas de captación de agua de lluvia desde el nivel doméstico, hasta los sistemas extensivos de agricultura y ganadería (Yáñez et al., 2018). Existen diferentes tecnologías que se están explorando para un mejor uso y manejo del agua y el suelo con especies de recursos fitogenéticos adaptados a áreas marginales y de alta vulnerabilidad como son las zonas áridas: diseño de terrazas en curvas a nivel, construcción de microcuencas y el uso de retenedores de humedad para prolongar el contenido de humedad en el suelo (Pedroza et al., 2022). El objetivo de este estudio fue relacionar el contenido de la humedad edáfica producto del escurrimiento superficial, con la respuesta en el crecimiento, desarrollo y productividad del sorgo forrajero (*Sorghum spp.*) en el área de Mapimí del Estado de Durango.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ejido Roma-Texas del Municipio de Mapimí que se ubica a 25° 49' 46" LN y 103° 46' 11" LO. El área tiene una elevación de 1,176 msnm y presenta un clima seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco. La precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación potencial media anual de 2,000 mm, temperatura media anual de 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C (Medina et al. 2005). Para hacer las evaluaciones correspondientes, se seleccionó una parcela productiva de sorgo desde la fase de siembra. En la parcela se aplicó un muestreo simple aleatorio, seleccionando cinco sitios dentro de la parcela y en cada sitio se tomaron cuatro plantas para medir las variables, las cuales fueron: contenido de humedad del suelo (%), índice de clorofila, altura de planta (cm) y área foliar (cm<sup>2</sup>). Se obtuvo el rendimiento por unidad de superficie, para lo cual se tomaron las plantas existentes en un área de 3 m<sup>2</sup> en cada uno de los sitios de muestreo, dentro de la parcela productiva.



## Resultados y Discusión

El crecimiento de la planta fue adecuado con una altura máxima superior a 1.5 m y a una tasa logarítmica de crecimiento de 28.2 ( $R^2 = 0.76$ ), sin mostrar un claro punto de inflexión, más bien fue un crecimiento continuo durante el período de evaluación que fue de los 10 a los 75 días después de la siembra (DDS) (Figura 1A). Lo anterior, aunado a un adecuado desarrollo del área foliar, con un incremento acelerado en los primeros 15 DDS para, posteriormente tener un ritmo de incremento más moderado a una tasa también logarítmica de 43.2 ( $R^2 = 0.65$ ) (Figura 1B). Ambas características agronómicas permitieron llegar a un buen desarrollo del cultivo hasta la madurez, lo cual se reflejó al final en la producción.

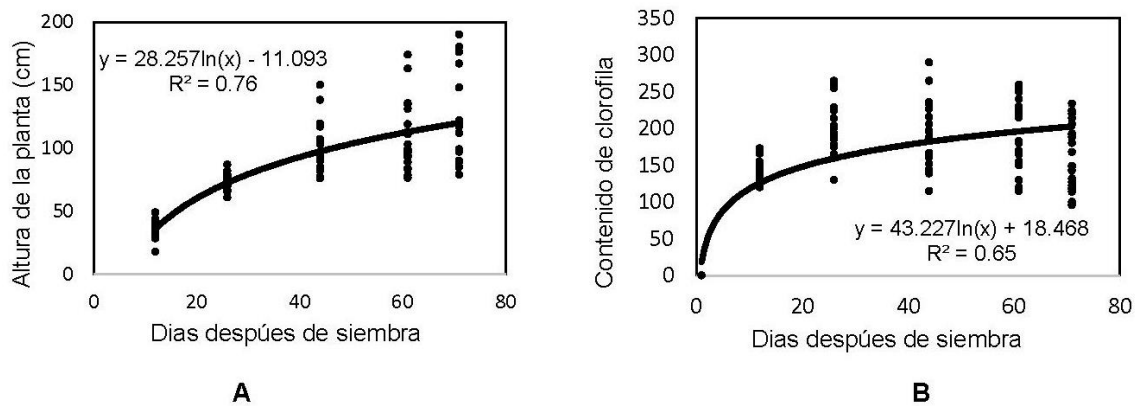


Figura 1. Comportamiento del crecimiento del sorgo (*Sorghum spp.*) (A) y contenido de clorofila (B) en función del tiempo transcurrido en días después de la siembra en un sistema de temporal con agricultura de escorrentía.

En la relación del contenido de humedad del suelo con las dos características agronómicas antes citadas, se tiene que el crecimiento de la planta de sorgo fue también muy dinámica a una tasa de 2.81 de incremento conforme se incrementó el contenido de humedad, el cual se mantuvo en un rango de 15 a 25 %, lo cual es muy favorable para un sistema de agricultura de escorrentía (Figura 2A). Un comportamiento similar fue el caso del área foliar con incremento a una tasa lineal de 31.2 conforme se incrementó el contenido de la humedad del suelo (Figura 2B).

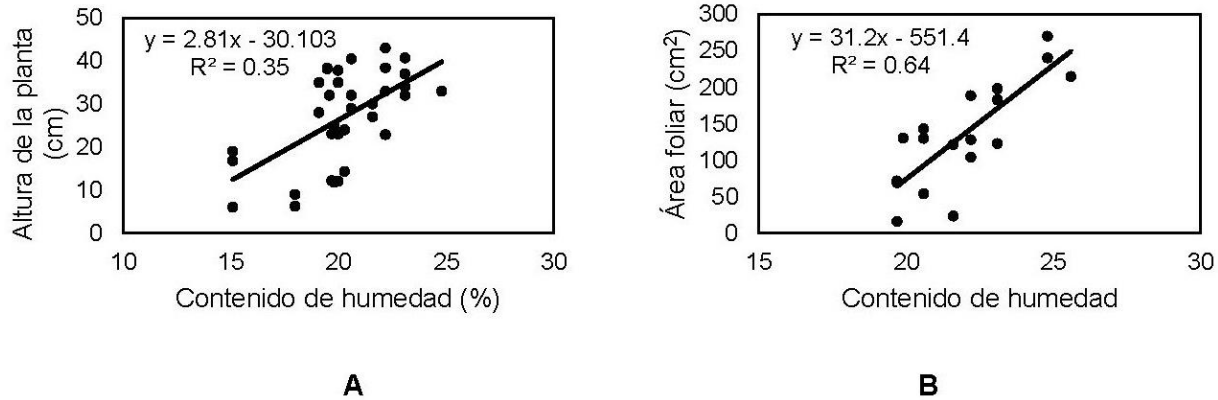


Figura 2. Comportamiento del crecimiento (A) y área foliar (B) del sorgo (*Sorghum spp.*) en función del contenido de humedad del suelo en un sistema de temporal con agricultura de escorrentía.

Al llegar a la madurez, el sorgo fue cosechado, conforme a lo indicado en la metodología y se obtuvo una producción de 43.54 ton ha<sup>-1</sup> de biomasa fresca para su uso como forraje y un rendimiento de grano 0.73 ton ha<sup>-1</sup>.

## Conclusiones

El cultivo de sorgo (*Sorghum spp.*), resultó ampliamente favorable para las condiciones de agricultura de escorrentía en zonas áridas deprimidas de baja precipitación, la cual en la región es de 258 mm anuales. La respuesta en términos de algunos parámetros agronómicos como el crecimiento de la planta, área foliar y contenido de clorofila y la consecuente producción, confirma al sorgo como un recurso fitogenético de alto potencial para agricultura de escorrentía en zonas áridas.

## Referencias

- Medina, G., Díaz, P., López, H., Ruíz, C. y Marín, S. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 - 2003). Libro Técnico N°1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP.
- Pedroza, A., Sánchez, I. y Trejo, R. (2022). Captación de agua de lluvia para zonas con déficit hídrico. Agenda digital en plataforma Python. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. Primera Edición. 27 p.
- Sifuentes, N., Pedroza, A. Zegbe, J. y Trejo, R. (2020). Indicadores de productividad y calidad de gel de sábila en condiciones de estrés salino. Revista Fitotecnia Mexicana 43(2): 181- 187).
- Yáñez, L., Pedroza, A., Martínez, M., Sánchez, I., Echavarría, F., Vásquez, M. y López, A. (2018). Uso de retenedores de humedad edáfica en la sobrevivencia y crecimiento de dos especies de pastos *Bouteloua curtipendula* [Michx.] Torr. y *Chloris gayana* Kunth. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 9(4): 702-718.



## HUERTOS FAMILIARES EN COMUNIDADES DE PERIFERIA URBANA: UNA EXPERIENCIA DE VINCULACIÓN

José Antonio Miranda-Rojas<sup>1</sup>, Ramón Reyes-Urías<sup>1</sup>, Michell Alejandra Montañez-Carrillo<sup>1</sup>, Isaac Gramillo-Ávila<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo-Calzada.

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua. CP. 35230. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

La producción agroalimentaria es uno de los paradigmas actuales ante los eventos extremos producto del impacto ambiental, lo cual representa un factor adverso para la actividad productiva en todo el planeta, con bajos rendimientos ante la demanda creciente de la población. Las cada vez más frecuentes e intensas sequías en zonas áridas producto del cambio climático, hacen que la producción agroalimentaria sea cada vez más deprimida, con el consecuente efecto de migración de la población rural hacia las zonas urbanas, lo cual engrosa los cinturones de pobreza en las ciudades (Pedroza, 2010). La vinculación universitaria a través del servicio social es una de las actividades sustantivas de la Universidad, como forma de mantener la pertinencia institucional con el sector social y productivo (Pedroza & Flores, 2009). Una alternativa a estas comunidades urbanas de las periferias de las ciudades, es el establecimiento de pequeños huertos familiares que les permita disponer de los vegetales hortícolas básicos como la col, zanahoria, cebolla, tomate, chile, cilantro, rabanito, entre otros (Pedroza, 2010). Esta disponibilidad de productos alimenticios, mitiga el hambre y la desnutrición y apoya la capacidad de los alimentos básicos de las familias ante los magros ingresos por los bajos salarios al emplearse como obreros o realizar algunos oficios, principalmente los relacionados a la construcción. El objetivo de este trabajo, es mostrar una metodología urbana para desarrollar habilidades y capacidades en la producción de productos hortícolas básicos para la alimentación de la familia en localidades periféricas citadinas.

**Ubicación geográfica del área.** El presente trabajo se llevó a cabo en las comunidades del ejido La Unión y La Paz del municipio de Torreón, Coahuila. ubicadas en las coordenadas 25° 35' 53" LN 103° 24' 38" LO, y 25° 35' 40" LN 103° 21' 27" LO, respectivamente. Estas comunidades forman parte del área urbana en parte oriente de la Cd. de Torreón, Coahuila. El clima de la región corresponde a subtropical desértico, La temperatura media del mes más frío (enero) es de 14.6 °C, la del mes más cálido (junio) es de 28.1 °C. (Servicio Meteorológico Nacional, 2022).



## Materiales y métodos

El presente trabajo forma parte del proyecto de la Red Nacional de Huertos Chapingo, impulsado por parte de la Universidad Autónoma Chapingo. Mediante convocatoria de por medio, se accedió al Programa resultando seleccionados los CC. Alumnos José Antonio Miranda Rojas, Ramón Reyes Urías y Michell Alejandra Montañez Carrillo estudiantes de 7º, 6º y 4º año del Programa de Ingeniería en Sistemas Agrícolas y Tronco Común, respectivamente, de la URUZA-UACH.

Para el desarrollo del trabajo, se procedió a seleccionar dos comunidades representativas del área urbana periférica de la Cd. de Torreón, Coah. donde se tenían previas solicitudes giradas al Grupo Interdisciplinario de Vinculación (GRINVIN), por parte de personal médico de servicio social de dos pequeñas clínicas de salud. Las comunidades seleccionadas fueron las del Ejido La Unión y La Paz, procediendo a hacer los contactos y el diagnóstico requerido para que, dichas clínicas fungieran como módulos demostrativos de producción de hortalizas en pequeños huertos para la población de las comunidades urbanas antes citadas.

**Establecimiento de los huertos.** Cada clínica cuenta con una infraestructura básica de instalaciones y pequeña área de terreno cercado, donde se seleccionó un sitio de 4x5 m en cada clínica. Se realizaron las siguientes actividades: Preparación del terreno utilizando un motocultor (Figura 1A); establecimiento de dos camas de 1 m de ancho y 5 m de largo cada una e instalación del sistema de riego por goteo con uso de líneas regantes (una por cada cama de cultivo) (Figura. 1B); siembra de los diferentes cultivos hortícolas de temporada en tramos de 2 m de longitud dentro de cada cama (Figura 2A), germinación y crecimiento de las hortalizas (2B).

**A****B**

Figura 1. Establecimiento de las camas de cultivo mediante el uso de un motocultor (A), formación de camas y establecimiento de las líneas regantes (B).

**A****B**

Figura 2. Siembra de las hortalizas en las camas (A), germinación, crecimiento y desarrollo de las diferentes especies hortícolas (B).

### Resultados y discusión

Con el apoyo y la participación del personal médico (Doctor en servicio social y enfermera) y algunas personas de la comunidad, se establecieron los huertos en cada comunidad, lo cual representó una experiencia nueva, respecto al conocimiento de desarrollar la capacidad productiva de productos hortícolas de primera necesidad en la familia. Con esta base, la experiencia es sujeta de ser reproducida en los traspatios de las casas de las familias establecidas en la periferia de las zonas urbanas.

A partir de los 10 días de realizada la siembra de hortalizas, éstas iniciaron su fase de emergencia, a diferentes tiempos según el tipo de hortaliza. Se sembró un total de 5 cultivos: cilantro, cebolla, zanahoria, col y rábano (Figura 2B). Actualmente están en plena fase de crecimiento y desarrollo, debiendo ser atendidas por parte de las personas de la comunidad en algunas actividades de manejo, tales como: riego periódico, eliminación manual de malezas y, con asesoría de los técnicos de URUZA-UACH, la supervisión constante para el diagnóstico fitosanitario y realizar alguna práctica de control sobre la aparición de posibles plagas y enfermedades propias de estos cultivos.

Se espera que, en un plazo de 60 días después de la siembra de la siembra, se inicie la primera fase de cosecha de los productos hortícolas y durante este lapso de tiempo, se organizarán sesiones con padres de familia, jóvenes y niños, sobre el tema de la importancia de la nutrición y alimentación saludable.



## Conclusiones

La vinculación universitaria es una parte vital de las actividades para mantener la pertinencia social de las instituciones educativas, en este caso de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. El servicio social universitario es la oportunidad para complementar la formación práctica de los estudiantes y que, a su egreso, cuente con una visión amplia con respecto a su ejercicio profesional. El desarrollo de habilidades y capacidades productivas en las comunidades rurales y urbanas marginadas, es una alternativa viable para mitigar el problema del desabasto de alimentos, así como para ayudar a transferir las habilidades productivas de establecimiento de huertos de autoconsumo mediante los cuales las familias puedan tener acceso a una alimentación nutritiva, completa y digna.

## Referencias

- Pedroza, S. A., Sánchez, C. I. y Trejo, C. R. (2022). Captación de agua de lluvia para zonas con déficit hídrico. Agenda digital en plataforma Python. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. Primera Edición. 27 p.
- Pedroza, S. A. (2010). Desarrollo Comunitario Sustentable. Una alternativa a la crisis agroalimentaria en países en desarrollo. DR © Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicio. 147 p.
- Pedroza, S. A. y Flores, Á. S (2009). (Eds). Ciencia, Tecnología y Desarrollo. Universidad Autónoma Chapingo. Herfa Impresores, S.A. de C.V. 144 p.
- Servicio Meteorológico Nacional (2022). Normales climatológicas 1951-2010. Coahuila de Zaragoza, Estación: 00005040 TORREON (OBS). [smn.conagua.gob.mx](http://smn.conagua.gob.mx).



## EFFECTO DEL MANEJO AGROECOLÓGICO DE NOGAL SOBRE LOS DEPÓSITOS DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Vicenta Constante-García<sup>1</sup>, Paola Cristina Moreno-Castro<sup>2</sup>,  
Judith Abigail Sánchez-Ledesma<sup>3</sup>, Sandra Patricia Maciel-Torres<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Planta-Suelo-Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Margen Derecha Canal de Sacramento km 6.5, CP 35140, Gómez Palacio, Durango; <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Carr. El Vergel-La Torreña km 0.820, CP 35120, Gómez Palacio, Durango; <sup>3</sup>Centro de Investigación en Dinámica Celular, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos; <sup>4</sup>Unidad Regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma de Chapingo, km 40 Carr. Gómez Palacio-Cd. Juárez, CP 5230, Bermejillo, Durango. \*Autor por correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### Introducción

Desde el inicio de la revolución industrial y el incremento de las actividades humanas se liberan miles de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) diariamente a la atmósfera, lo que favorece el cambio climático; sin embargo, el CO<sub>2</sub> no sólo es atrapado en la atmósfera, sino que también ocurre el secuestro de carbono en suelos, océanos y biomasa (Calderón et al. 2007; Hernández et al, 2007). Los organismos, especialmente los árboles, absorben del aire el CO<sub>2</sub> (cerca de un 40% del carbono terrestre es encontrado en ecosistemas forestales (Jandl, 2005), estos lo almacenan, preservando la vegetación y la correcta administración de recursos naturales (Loaiza, 2020). En este sentido, las huertas frutícolas representan una alternativa agrícola sustentable, ya que su contribución en el ciclo del carbono va desde el almacenamiento de carbono, la respiración del suelo y el flujo neto de CO<sub>2</sub> (Pacchiarelli et al., 2022; Sánchez-Navarro et al., 2022; Yasin et al., 2021) Así, las huertas de nogal pecanero en la Comarca Lagunera representan un alto potencial de captura de carbono, especialmente bajo manejo agroecológico, a la vez que generan una producción cerca de 80 mil toneladas por año de nuez pecanera (Doreste, 2011). El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto del manejo agroecológico de huertas de nogal pecanero en las fracciones de carbono orgánico del suelo (COS) con diferente labilidad.

### Materiales y Métodos

Descripción del sitio de estudio y toma de muestra. Las muestras fueron tomadas de una huerta de nogal pecanero en Gómez Palacio, Durango (N 25°42'2.92"; W 103°2'15.13") con árboles de 5 años de edad. Se tomaron completamente al azar 4 submuestras de 0-10 cm de profundidad a 80 cm del tronco de cada árbol, para hacer una muestra compuesta por tratamiento. El manejo agroecológico incluye la labranza mínima, *Trichoderma* sp. en el agua de riego (5 l por árbol) y la adición de estiércol crudo de cabra al suelo (15 kg por árbol) que se colocan en el cajete. Anualmente, el cultivo tiene 4 riegos con agua de presa y 2 de noria. Por su parte, el suelo testigo pertenece a un mezquital no perturbado y el degradado son parcelas inactivas.





Fracciones de COS con diferente oxidabilidad. Se empleó el método de Walkley and Black (1947), modificado por Chan et al. (2001), el cual consiste en agregar 5, 10 y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) y dicromato de potasio ( $K_2CrO_7$ ) para obtener una relación 0.5:1, 1:1 y 2:1, correspondientes a las soluciones de  $H_2SO_4$  al 12N, 18N y 24N. Con este método se divide el COS en cuatro fracciones dependiendo de su orden decreciente de oxidabilidad o labilidad.

- F1 (Muy lábil): Carbono orgánico oxidable con  $H_2SO_4$  12N
- F2 (Lábil): Diferencia de carbono orgánico oxidable extraído entre 12N y 18N de  $H_2SO_4$  (18N -12N).
- F3 (Menos lábil): Diferencia de carbono orgánico oxidable entre 24N y 18N de  $H_2SO_4$  (24N -18N).
- F4 (Recalcitrante): Diferencia de carbono orgánico oxidable entre 24N de  $H_2SO_4$  y el carbono orgánico total (TOC) (TOC-  $H_2SO_4$  24N).

El depósito de C pasivo (F3+F4) contribuye a la acumulación de C en el suelo, mientras que el depósito de C activo (F1+F2) contribuye en las emisiones de C (Priyanka, 2018; Jat et al., 2019).

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran los resultados del análisis de labilidad de COS. La cantidad de carbono muy lábil (F1) mostro diferencia estadística entre las zonas de estudio ( $F=14.948$ ,  $P=0.005$ ), donde a través del manejo del nogal ha favorecido la acumulación de carbono muy lábil similar al testigo (suelos no perturbados) en comparación al suelo degradado sin tratamiento. Así mismo en la fracción lábil (F2) también presentó diferencia entre las zonas de estudio ( $F=120.199$ ,  $P=0.000$ ), siendo el suelo testigo el que contuvo mayor concentración de esta fracción. En cuanto a la fracción menos lábil (F3) no se encontró diferencia significativa entre los suelos analizados. Aunque se observa una tendencia hacia menor cantidad del mismo en suelo degradado.

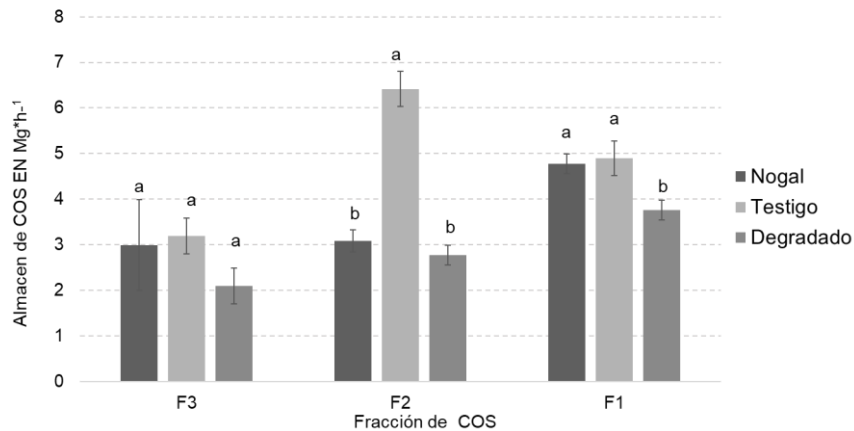


Figura 1. Distribución de las fracciones de COS de diferente labilidad en suelo de huertas de nogal pecanero. Las barras seguidas por la misma letra para una fracción dada no son diferentes estadísticamente ( $P > 0.005$ ).

Las variaciones en las fracciones de COS con diferente oxidabilidad indican una alteración en las funciones del suelo. Se ha reportado un incremento en la concentración de carbono en la fracción 1 por el uso de estiércol (Benbi et al., 2015; Leite et al., 2014; Mandal et al., 2013). El incremento en esta fracción sugiere que las enmiendas orgánicas de origen animal contienen una gran concentración de carbono orgánico fácilmente oxidable (Benbi et al., 2015), como polifenoles o ácidos orgánicos, que fueron introducidos directamente sobre el suelo (Gao et al., 2021). Además, se ha demostrado que la aplicación de enmiendas orgánicas favorece la exudación de C lábil por las raíces de los cultivos y la descomposición de raíces muertas, lo que provee una mayor entrada de materia orgánica soluble en el suelo (Xu et al., 2011), además de que la adición de estiércoles puede favorecer la cantidad, diversidad y composición de las comunidades microbianas (Cui et al., 2018), las cuales tienen un papel crucial en la descomposición y transformación del COS, pudiendo afectar la labilidad del C.

Asimismo, Makumba en (2007) señala que entre más años tiene la planta, más fracción de carbono tendrá en sus raíces, ya que suministran más cantidad de carbono estable. En la fracción 2 en el testigo fue un árbol de mezquite en una zona no perturbada, por lo cual se trata de árboles más antiguos que los nogales de 5 años, razón por la cual el suelo de esta zona presentó la mayor concentración de COS lábil (F2).

El almacén activo de COS (F1 y F2) presentó diferencias altamente significativas entre las zonas de estudio ( $F=148.00$ ,  $P=0.000$ ), siendo mayor en el suelo testigo no perturbado ( $\bar{x}=11.31\pm 0.40$ ), seguido de la zona cultivada con nogales ( $\bar{x}=7.85\pm 0.46$ ) y finalmente la zona degradada sin vegetación ( $\bar{x}=6.52\pm 0.00$ ), mostrando así la eficiencia del manejo agroecológico del nogal pecanero para favorecer el secuestro de carbono y la restauración de suelos degradados.



De acuerdo con Mandal et al. (2013), el almacén de COS activo es un índice útil para observar pequeños cambios en el COS debidos al manejo, lo cual pudo observarse esta investigación. Ghosh et al., 2021 también reportaron un incremento en el almacén activo de COS al implementar estrategias de eco-reforestación en suelos degradados de climas tropicales utilizando árboles como *Ficus*, *Morus*, *Acacia* y *Leucaena* y pastos como *Cenchrus ciliaris*, *Chrysopogon fulvus* y *Panicum maximum*.

## Conclusiones

La restauración de suelos degradados en zonas áridas con la siembra de árboles frutales como el nogal pecanero bajo manejo agroecológico, incluida la adición de guano de cabra, labranza de conservación y uso de *Trichoderma* sp., permite incrementar el almacén de COS activo.

## Referencias

- Benbi, D. K., Kiranvir, B. R. A. R., & Sharma, S. (2015). Sensitivity of labile soil organic carbon pools to long-term fertilizer, straw and manure management in rice-wheat system. *Pedosphere*, 25(4), 534-545.
- Calderón-Aguilera, L. E., Reyes-Bonilla, H., & Carriquiry, J. D. (2007). El papel de los arrecifes coralinos en el flujo de carbono en el océano: estudios en el Pacífico mexicano. Carbono en ecosistemas acuáticos de México. SEMARNAT/INE, CICESE, México, 215-226.
- Chan, K. Y., Bowman, A., & Oates, A. (2001). Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil Science*, 166(1), 61-67.
- Cui, X., Zhang, Y., Gao, J., Peng, F., & Gao, P. (2018). Long-term combined application of manure and chemical fertilizer sustained higher nutrient status and rhizospheric bacterial diversity in reddish paddy soil of Central South China. *Scientific reports*, 8(1), 1-11.
- Gao, Y., Lu, Y., Liao, Y., & Nie, J. (2021). Higher soil organic carbon accumulation in the subsoil layer by 37 years combined application of inorganic fertilizers with manure than with rice straw in a double-rice paddy soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1-14. doi:10.1080/03650340.2020.186921
- Ghosh, A., Kumar, R. V., Manna, M. C., Singh, A. K., Parihar, C. M., Kumar, S., Roy A.K. Koli, P. (2021). Eco-restoration of degraded lands through trees and grasses improves soil carbon sequestration and biological activity in tropical climates. *Ecological Engineering*, 162, 106176. doi:10.1016/j.ecoleng.2021.10617
- Hernández-Ayón, J. M., Camacho-Ibar, V. F., Mejía-Trejo, A., & Cabello-Pasini, A. (2007). Variabilidad del CO<sub>2</sub> total durante eventos de surgencia en Bahía San Quintín, Baja California, México. Carbono en ecosistemas acuáticos de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones Científicas y de Educación de Ensenada, 187-200.
- Jandl, R. (2005). Secuestro de carbono en bosques - El papel del suelo. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 57-62.
- Jat HS, Datta A, Choudhary M, Sharma PC, Yadav AK, Choudhary V, Gathalad MK, Jat ML, McDonalde A. (2019). Climate Smart Agriculture practices improve soil organic carbon pools, biological properties and crop productivity in cereal-based systems of North West India. *Catena* 181:104059. doi:10.1016/j.catena.2019.05.005.
- Leite, L. F. C., Iwata, B. D. F., & Araújo, A. S. F. (2014). Soil organic matter pools in a tropical savanna under agroforestry system in northeastern Brazil. *Revista Árvore*, 38, 711-723.



- Loaiza, J G (2020). Evaluación de la capacidad de captura de  $CO_2$  de la cuenca del río Culiacán en función del cambio de uso de suelo y su consulta mediante un sig-web (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México, Culiacán, Sinaloa, México.
- Makumba, W., Akinnifesi, F. K., Janssen, B., & Oenema, O. (2007). Long-term impact of a gliricidia-maize intercropping system on carbon sequestration in southern Malawi. *Agriculture, ecosystems & environment*, 118(1-4), 237-243.
- Mandal, N., Dwivedi, B. S., Meena, M. C., Singh, D., Datta, S. P., Tomar, R. K., & Sharma, B. M. (2013). Effect of induced defoliation in pigeonpea, farmyard manure and sulphitation pressmud on soil organic carbon fractions, mineral nitrogen and crop yields in a pigeonpea-wheat cropping system. *Field Crops Research*, 154, 178-187.
- Pacchiarelli, A., Priori, S., Chiti, T., Silvestri, C., & Cristofori, V. (2022). Carbon sequestration of hazelnut orchards in central Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 333, 107955.
- Priyanka, K. (2018). Quantifying total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and uncultivated soils in eastern India. *Soil Research*, 56(4), 413-420.
- Sánchez-Navarro, V., Shahrokh, V., Martínez-Martínez, S., Acosta, J. A., Almagro, M., Martínez-Mena, M., Boix-Fayos C., Diaz-Pereira E., Zornoza, R. (2022). Perennial alley cropping contributes to decrease soil  $CO_2$  and  $N_2O$  emissions and increase soil carbon sequestration in a Mediterranean almond orchard. *Science of The Total Environment*, 845, 157225.
- Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251-263.
- Xu MG, Lou YL, Sun XL, Wang W, Baniyamuddin M, Zhao K. 2011. Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. *Biology and Fertility of Soils*, 47, 745-752.
- Yasin, G., Farrakh Nawaz, M., Zubair, M., Qadir, I., Saleem, A. R., Ijaz, M., Gul, S., Amjad, M., Rehim, Abdur., Rahman, S., Du, Z. (2021). Assessing the Contribution of Citrus Orchards in Climate Change Mitigation through Carbon Sequestration in Sargodha District, Pakistan. *Sustainability*, 13(22), 12412.



## BIOINDICADORES DEL IMPACTO DE DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA CALIDAD DEL SUELO EN ZONAS SEMIÁRIDAS DEL NORESTE DE MÉXICO

Erika Nava-Reyna<sup>1\*</sup>, Miguel Angel Martínez-Gamiño<sup>2</sup>, Vicenta Constante-García<sup>1</sup>,  
Kassandra Santellanez-Arreola<sup>3</sup>, Jesús Arreola-Ávila<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha, Canal de Sacramento, C.P. 35079, Gómez Palacio, Dgo., México; <sup>2</sup>INIFAP, CIRNE - Campo Experimental San Luis, Soledad de Graciano Sánchez, SLP, México; <sup>3</sup>Unidad Regional, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo., México \*Autor para correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### Introducción

La calidad del suelo puede definirse como la capacidad de éste para funcionar y puede ser medida con una gran variedad de indicadores biológicos, físicos y químicos. En este sentido, el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) y su relación con la biología del suelo es el principal indicador de su calidad (Lorenz et al., 2019)), ya que el COS se relaciona con servicios ecosistémicos del suelo como el mantenimiento de la fertilidad, calidad del agua, la resistencia a la erosión, la destoxificación de metales pesados y la mitigación del clima (Rao et al., 2019). Así, el almacén de COS ha sido propuesto como un indicador para monitorear la degradación y restauración del suelo (Lorenz & Lal, 2016) con respecto al marco de los objetivos de desarrollo sostenible de la FAO. En este sentido, los microorganismos son claves en el mantenimiento de la salud del suelo dado su papel en la descomposición de la materia orgánica del suelo (MOS), el ciclo biogeoquímico de los elementos, su contribución a la formación de la estructura del suelo, regulación de la producción y mitigación de gases de efecto invernadero en el suelo y la promoción del crecimiento de las plantas (Rao et al., 2019). De esta manera, la salud del suelo puede monitorearse a través de cambios en la población de phyla microbianos específicos, la biomasa microbiana, genes, metabolitos secundarios y la actividad enzimática del suelo (Djemiel et al., 2022; Lee et al., 2020). Las actividades enzimáticas reflejan el metabolismo microbiano y pueden servir como indicadores tempranos del mejoramiento o la degradación de la calidad del suelo en los agroecosistemas. No obstante, cuantificar la salud del suelo es difícil y complejo (Rao et al., 2019), ya que se han integrado varios parámetros en complejas ecuaciones de regresión, análisis de componentes principales, etc. Identificar un mínimo de datos o asignar rangos o elegir estándares biológicos de la salud del suelo es complicado, además de que no existen valores universales de lo que es un nivel aceptable de algún parámetro, incluso de la MOS (Rao et al., 2019). De acuerdo con el análisis de Rao (2013), el COS y el C lábil, la respiración del suelo, la población de diazotófos, el contenido de glomalina y las actividades enzimáticas están interrelacionadas y dan un panorama bueno de la salud del suelo. Además, el COS se relaciona con parámetros biológicos como la biomasa microbiana y las enzimas del suelo. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el almacén de COS y las actividades  $\beta$ -galactosidasa ( $\beta$ -gal) y polifenol oxidasa (PPO) y su posible correlación bajo diferentes métodos de labranza, a fin de generar un modelo como bioindicador sobre el secuestro de C y la calidad del suelo en el Altiplano Potosino por la implementación de prácticas de agricultura de conservación (AC).



## Materiales y métodos

Descripción del sitio de estudio y muestreo. Las parcelas se establecieron en el Campo Experimental INIFAP en Soledad de Graciano Sánchez, SLP, donde se evaluaron siete tratamientos de labranza distribuidos en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones (Cuadro 1). Los distintos métodos de labranza se han seguido por más de 28 años, a excepción del T3 que de 1995 a 2018 se manejó con barbecho más rastra y a partir de 2018 se lleva a cabo labranza de conservación sin adición de residuos de la cosecha por 2 años al momento del estudio. El manejo se realizó antes de la siembra de maíz (Ceres XR-45, 69,000 plantas/ha) en el ciclo primavera-verano de 2020. Las parcelas también tienen rotación de cultivo, con avena y triticale asociado con chícharo en el ciclo otoño-invierno. La fertilización química fue con la fórmula 200-100-00.

Cuadro 1. Métodos de labranza evaluados.

Clave	Tratamiento	Descripción
T1	Barbecho + rastra	Se volteó el suelo de 25 a 30 cm de profundidad
T2	Rastra	Los discos de la rastra penetraron como mínimo 12 cm de profundidad
T3	Multiarado	De 1995 a 2018 se trabajó con rastra y labranza vertical. Su manejo actual es de labranza cero
T4	Labranza cero + 0% cobertura	Labranza cero sin cobertura de rastrojo. Siembra directa
T5	Labranza cero + 33% cobertura	Labranza cero con 1.3 t/ha de rastrojo anual
T6	Labranza cero + 66% cobertura	Labranza cero con 2.6 t/ha de rastrojo anual
T7	Labranza cero + 100% cobertura	Labranza cero con 4 t/ha de rastrojo anual

Se tomaron al azar 4 submuestras de suelo superficial (0-10 cm) de cada tratamiento para hacer una muestra compuesta. Además, la densidad aparente del suelo fue medida por el método de núcleo en el campo (Fan et al., 2014). El suelo fue secado al aire, quitando los residuos vegetales y tamizando por 2 mm antes de su análisis.

Análisis del carbono orgánico del suelo. El COS fue determinado por el método de Walkley y Black (1934), el cual fue utilizado para determinar la reserva de carbono orgánico del suelo (reserva COS) y la tasa de secuestro de carbono fue determinada con la fórmula propuesta por Paul et al. (2016):

$$\text{Almacen COS (Mg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{COS} \times \text{DA} \times \text{Ps} \times 10,000}{100}$$

Donde el COS es el carbono orgánico del suelo (%), la DA es densidad aparente (Mg m<sup>-3</sup>) y Ps es la profundidad del suelo (m).



Determinación de actividad enzimática. Se analizaron las actividades  $\beta$ -galactosidasa, (Eivazi & Tabatabai, 1988) y la polifenol oxidasa (Purahong et al., 2014; Sinsabaugh, 2000).

## Resultados y discusión

Las prácticas de labranza influenciaron el almacén de COS ( $F=196.441$ ,  $P=0.000$ ) (Figura 1a), donde la labranza cero incrementó el almacenamiento de carbono, especialmente al añadir residuos de la cosecha. Este efecto se encontró incluso en el T3, que comenzó con AC dos años atrás.

El incremento del almacén de COS por prácticas de AC ha sido reportado por otros autores (Das et al., 2020; Zhao et al., 2013), incremento que puede estar ligado al aumento de la estabilidad de los agregados, el retorno de residuos de la cosecha, el incremento de la biomasa radicular de los cultivos y la disminución de la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo (Hao et al., 2020; Zhao et al., 2013), ya que la no perturbación del suelo por la AC suele generar una menor disponibilidad de oxígeno bajo la superficie del suelo en comparación con la labranza convencional (LC), lo que disminuye las pérdidas de COS oxidativas (Zhao et al., 2013).

Asimismo, la incorporación de residuos de la cosecha es crucial para reducir la erosión del suelo y contribuir a la acumulación de C en el suelo (Ansari et al., 2022), una característica esencial para la calidad del suelo correlacionada con su fertilidad y productividad de sus cultivos (Das et al., 2020).

Por su parte, la actividad enzimática  $\beta$ -gal incrementó con la labranza de conservación ( $F=93.704$ ,  $P=0.000$ ), siendo el T7 el que mayor nivel presentó (Figura 1b), mientras que la PPO también presentó diferencia significativa entre tratamientos ( $F=4.446$ ,  $P=0.010$ ) y fue mayor en las prácticas de labranza convencional (T1 y T2). El alto contenido de COS favorece el crecimiento y metabolismo de los microorganismos, lo que genera la acumulación de enzimas hidrolíticas en la superficie del suelo, como en el caso de la reincorporación de nutrientes y la cero labranza en la agricultura de conservación.

Esto pudo observarse en el incremento de la actividad  $\beta$ -gal con la cero labranza y el aumento de los residuos de la cosecha incorporados en los diferentes tratamientos. Contrariamente, la actividad PPO disminuyó con AC, tal y como reportaron Sharma et al. (2021). La baja actividad fenol oxidasa pudo estar relacionada a la menor disponibilidad de oxígeno bajo la superficie de suelos bajo AC, un factor primordial para la actividad de las enzimas oxidativas. Esta disminución en la actividad PPO en los suelos con AC lleva a la acumulación de compuestos fenólicos solubles y a la inhibición de enzimas hidrolíticas (Tejirian & Xu, 2011), favoreciendo así el secuestro de C (Sinsabaugh, 2010).

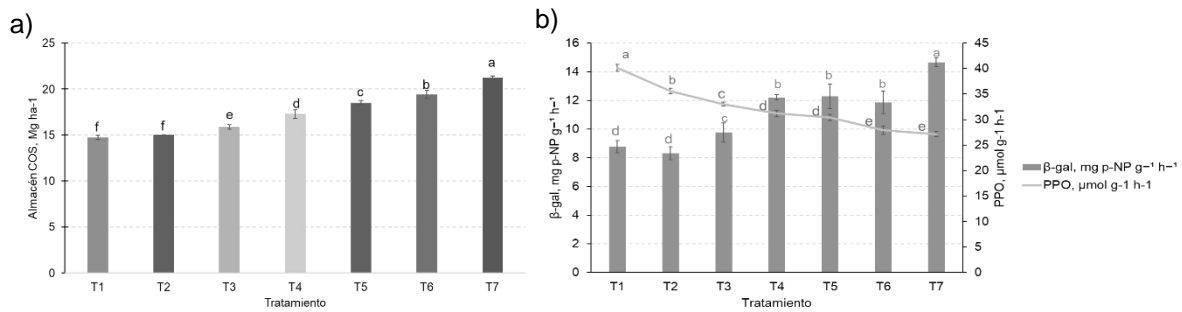


Figura 1. Contenido de COS almacenado (a) y actividades enzimáticas  $\beta$ -gal y PPO (b) en suelos bajo diferentes métodos de labranza.

Por otro lado, el almacén de carbono correlacionó con ambas enzimas, siendo positiva con  $\beta$ -gal (0.92), mientras que para PPO (-0.74) fue negativa, lo que implica que existe una relación inversa entre la actividad polifenol oxidasa y la acumulación de COS. Los resultados concuerdan con el meta-análisis realizado por Wu et al. (2021) quienes analizaron 138 estudios a nivel mundial y encontraron que las enzimas degradadoras de C son primordiales en la regulación de la dinámica de COS en la degradación/restauración del suelo, donde un incremento en la actividad celulasa comparado a la ligninasa se asoció a la restauración.

Dada la influencia de las dos enzimas analizadas sobre el almacén de carbono orgánico del suelo en los tratamientos estudiados, así como su utilidad como indicadores tempranos del mejoramiento o la degradación de la calidad del suelo en los agroecosistemas, se procedió a realizar un análisis de correlación y regresión múltiple (Figura 2). De acuerdo al modelo, existió una correlación múltiple positiva excelente entre las actividades  $\beta$ -gal/PPO con respecto al almacén de carbono. Asimismo, el coeficiente de determinación fue de 0.930, lo que indica que el 87% de la variabilidad en el almacén de COS de los suelos bajo distintos métodos de labranza puede ser explicada por las actividades enzimáticas  $\beta$ -gal, y PPO, mientras que el 13% restante se debe a otros factores. Por lo anterior, se determinó la siguiente ecuación de la regresión múltiple para predecir la influencia de las actividades enzimáticas sobre el almacenamiento de carbono en el suelo por diferentes prácticas de labranza, la cual fue altamente significativa ( $F=58.039$  g.l. = 2,18;  $P=0.000$ ):





$$\text{Almacén de COS} = 0.307(\beta\text{-gal}) - 0.315(\text{PPO}) + 11.462$$

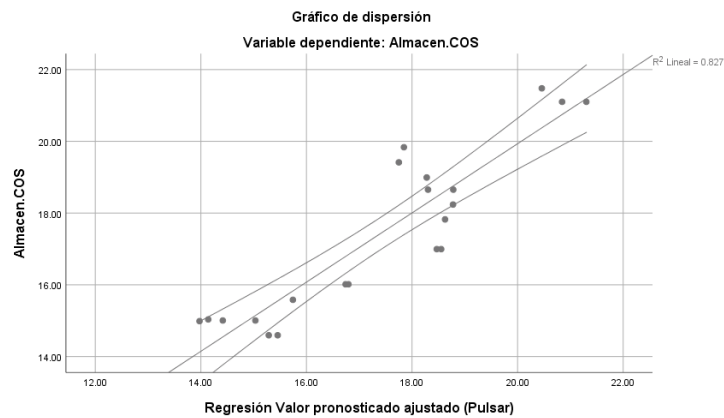


Figura 2. Gráfica de dispersión con el ajuste lineal e intervalos de confianza de la media al 95% de la regresión lineal múltiple

## Conclusiones

La implementación de prácticas de AC en el Altiplano Potosino permitió un mayor almacén de COS, a largo y corto plazo, el cual puede ser explicado en gran parte por la actividad enzimática  $\beta$ -gal y PPO. De esta forma, se generó un modelo que permita predecir el impacto de las prácticas de labranza desde una etapa temprana, incluso antes de observar cambios en otras propiedades del suelo como el almacén de COS.

## Referencias

- Ansari, M. A., Choudhury, B. U., Layek, J., Das, A., Lal, R., & Mishra, V. K. (2022). Green manuring and crop residue management: Effect on soil organic carbon stock, aggregation, and system productivity in the foothills of Eastern Himalaya (India). *Soil and Tillage Research*, 218, 105318.
- Das, A., Layek, J., Idapuganti, R. G., Basavaraj, S., Lal, R., Rangappa, K., Yadav, G. S., Babu, S., & Ngachan, S. (2020). Conservation tillage and residue management improves soil properties under a upland rice-rapeseed system in the subtropical eastern Himalayas. *Land Degradation & Development*, 31(14), 1775–1791.
- Djemiel, C., Dequiedt, S., Karimi, B., Cottin, A., Horrigue, W., Bailly, A., Boutaleb, A., Sadet-Bourgeteau, S., Maron, P. A., Chemidlin Prévost-Bouré, N., Ranjard, L., & Terrat, S. (2022). Potential of Meta-Omics to Provide Modern Microbial Indicators for Monitoring Soil Quality and Securing Food Production. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1–20.
- Eivazi, F., & Tabatabai, M. A. (1988). Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(5), 601–606.
- Fan, J., Ding, W., Xiang, J., Qin, S., Zhang, J., & Ziadi, N. (2014). Carbon sequestration in an intensively cultivated sandy loam soil in the North China Plain as affected by compost and inorganic fertilizer application. *Geoderma*, 230–231, 22–28.
- Hao, X., He, W., Lam, S. K., Li, P., Zong, Y., Zhang, D., & Li, F. Y. (2020). Enhancement of no-tillage, crop straw return and manure application on field organic matter content outweigh the adverse



- effects of climate change in the arid and semi-arid Northwest China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 295, 108199.
- Lee, S. H., Kim, M. S., Kim, J. G., & Kim, S. O. (2020). Use of Soil Enzymes as Indicators for Contaminated Soil Monitoring and Sustainable Management. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 8209, 12(19), 8209.
- Lorenz, K., & Lal, R. (2016). Soil Organic Carbon – An Appropriate Indicator to Monitor Trends of Land and Soil Degradation within the SDG Framework? (S. M. Starke & K. Ehlers, Eds.). Umweltbundesamt.
- Lorenz, K., Lal, R., & Ehlers, K. (2019). Soil organic carbon stock as an indicator for monitoring land and soil degradation in relation to United Nations' Sustainable Development Goals. *Land Degradation & Development*, 30(7), 824–838. <https://doi.org/10.1002/LDR.3270>
- Paul, J., Choudhary, A. K., Sharma, S., Savita, Bohra, M., Dixit, A. K., & Kumar, P. (2016). Potato production through bio-resources: Long-term effects on tuber productivity, quality, carbon sequestration and soil health in temperate Himalayas. *Scientia Horticulturae*, 213, 152–163.
- Purahong, W., Kapturska, D., Pecyna, M. J., Schulz, E., Schloter, M., Buscot, F., Hofrichter, M., & Krüger, D. (2014). Influence of different forest system management practices on leaf litter decomposition rates, nutrient dynamics and the activity of ligninolytic enzymes: A case study from Central European forests. *PLoS ONE*, 9(4), 1–11.
- Rao, D. (2013). Soil Biological Health and its Management. In R. S. Meena (Ed.), *Soil health management: productivity-sustainability-resource management* (1st ed., pp. 55–83). Springer Singapore.
- Rao, D. L. N., Aparna, K., & Mohanty, S. R. (2019). Microbiology and Biochemistry of Soil Organic Matter, Carbon Sequestration and Soil Health. *Indian Journal of Fertilisers*, 15(2), 124–138.
- Sharma, S., Saikia, R., Thind, H. S., Singh, Y., & Jat, M. L. (2021). Tillage, green manure and residue management accelerate soil carbon pools and hydrolytic enzymatic activities for conservation agriculture based rice-wheat systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(5), 470–486.
- Sinsabaugh, R. L. (2000). Phenol oxidase and peroxidase assays. University of Toledo, September, 1–5.
- Sinsabaugh, R. L. (2010). Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(3), 391–404.
- Tejirian, A., & Xu, F. (2011). Inhibition of enzymatic cellulolysis by phenolic compounds. *Enzyme and Microbial Technology*, 48(3), 239–247.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37(1), 29–38.
- Wu, J., Cheng, X., Luo, Y., Liu, W., & Liu, G. (2021). Identifying Carbon-Degrading Enzyme Activities in Association with Soil Organic Carbon Accumulation Under Land-Use Changes. *Ecosystems* 2021 25:6, 25(6), 1219–1233.
- Zhao, X., Hu, K., & Stahr, K. (2013). Simulation of SOC content and storage under different irrigation, fertilization and tillage conditions using EPIC model in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 130, 128–135.



## PASTAS ADICIONADAS CON HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL NEGRO MEJORAN EL PERFIL LIPÍDICO DE RATAS INDUCIDAS CON DIABETES TIPO 2

Mayra Denise Herrera<sup>1\*</sup>, Raquel Karina Cruz Bravo<sup>1</sup>, Claudia Araceli Estrada Reyes<sup>2</sup>,  
Meghan Monserrat Agular<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Campus Siglo XXI, Carretera Villanueva-Zacatecas, La Escondida, Zacatecas, México. <sup>3</sup>Universidad Politécnica de Zacatecas, Plan de Pardillo Sn, Parque Industrial, Fresnillo, Zacatecas, México. \*Autor de Correspondencia: mayradherrera@gmail.com

### Introducción

La diabetes mellitus es un desorden metabólico que afecta a una proporción importante de la población mundial, mostrando en los últimos años un aumento gradual en su incidencia y prevalencia. En México la diabetes es la segunda causa de muerte en la población y afecta a todas las clases sociales (OMS, 2012). Las alteraciones en el perfil de lípidos son una complicación común en la diabetes, la hiperlipidemia es una de ellas, y representa un factor de riesgo importante para el desarrollo prematuro de la aterosclerosis, además de que acelera el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en los pacientes diabéticos (Kaur et al., 2002). Se han propuesto tratamientos complementarios, de bajo costo y fácil acceso, que ayuden a la prevención y control de la diabetes mellitus y sus complicaciones, una de estas alternativas es una dieta rica en antioxidantes y fibra (Navarro, 2017). Según diversos estudios, se ha encontrado que la ingesta de frijol podría tener un efecto benéfico para contrarrestar complicaciones de la diabetes (Hernández-Saavedra et al., 2013). Sin embargo, según Cruz-Bravo et al. (2015), a pesar de los beneficios que se atribuyen al frijol, en México se consumen apenas unos 10 kg per cápita anuales. Como consecuencia, diversos grupos de investigación han enfocado esfuerzos en promover el consumo del frijol mediante la aplicación de tecnologías alimentarias que, además de mejorar su competitividad, proveen productos con alto potencial nutraceutico y funcional. Recientemente, el INIFAP desarrolló una tecnología utilizando harina de cotiledones de frijol Negro para la obtención de una pasta tipo tallarín. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad de pasta elaborada con fécula de trigo adicionada con harina de cotiledón de frijol para disminuir la dislipidemia característica de las diabetes mellitus.

### Materiales y Métodos

Para evaluar la capacidad antidiabética de pastas tipo tallarín elaborada con fécula de trigo y adicionadas con harina de cotiledón de frijol Negro, se trabajó con ratas Wistar macho inducidos con diabetes tipo 2. Todos los animales experimentales, excepto los que conformaron el control negativo, fueron alimentados con una dieta alta en grasa por 6 semanas; posteriormente, se realizó la inducción de diabetes mediante una inyección intraperitoneal de estreptozotocina en una dosis única de 30 mg/kg de peso corporal.



Los grupos de experimentación in vivo fueron clasificados en 6 grupos (n=10), la clasificación se realizó con respecto a su peso corporal y los niveles de glucosa sanguínea una semana después de la inyección con el fármaco. Los animales diabéticos fueron sometidos a diferentes tratamientos respecto a dieta y/o tratamiento con metformina, mientras que el grupo control positivo no recibió una dieta de tratamiento o medicamento para control de niveles de glucosa sanguínea. Los animales alimentados con DAG y suplementados con alguna de las pastas, recibieron 6 g de pasta por cada 100 g de peso corporal. Los grupos que recibieron el tratamiento con metformina fueron suministrados con el fármaco vía oral. La dosis fue de 1 mg preparada en 1 mL agua purificada. La canulación se realizó diariamente hasta un día antes del sacrificio. El tratamiento con las pastas y/o metformina duró cinco semanas después de confirmar la presencia de la enfermedad. Una vez pasado el periodo de experimentación con animales experimentales, estos fueron sacrificados. Las muestras tomadas de suero se almacenaron a -70°C en un ultracongelador en el INIFAP Zacatecas hasta su uso. Se obtuvo el perfil lipídico (colesterol, triglicéridos, HDL, LDL y VLDL). Las determinaciones se realizaron empleando kits enzimáticos (RANDOX, Reino Unido).

## Resultados y Discusiones

La Tabla 1 muestra el perfil lipídico de las ratas experimentales después de cuatro meses de recibir una alimentación estándar o con una dieta alta en grasa para el caso de cada control, y de aquellas tratadas con metformina y/o pasta elaborada con harina de frijol. A partir de este perfil, se observó que el control sano presentó una disminución del 28.1% en la concentración de colesterol sérico en comparación con el control diabético, a pesar de que todos los animales experimentales mostraron reducciones en el perfil lipídico en relación al control diabético, los tratamientos diabético +frijol+ metformina (14.67%) y diabético +frijol (12.3%) fueron los más eficientes para reducir el nivel de colesterol en la sangre; mientras que en el grupo diabético +trigo el valor arrojado fue de 7.3%. A partir del grupo de metformina se observó la mínima reducción de colesterol con respecto al control diabético con 4.73%. Sin embargo, al comparar con el control sano, los tratamientos metformina, diabético+ trigo, diabético +frijol y diabético +frijol+ metformina tuvieron un aumento del colesterol del 32.6, 29, 22.1 y 18.7% respectivamente. Lo que sugiere que el consumo de la pasta de frijol junto con tratamiento farmacológico, permite un mejor control de los niveles de colesterol. En cambio, los grupos metformina y diabético trigo presentan una diferencia significativa con el control sano sin embargo sus valores son similares entre ellos.

Lo anterior pudiera estar relacionado con una mayor concentración de fitoquímicos en las pastas adicionadas con cotiledón de frijol. Se ha demostrado que esta fracción del frijol tiene mayor contenido de fibra dietaria. Evaluaciones previas de la pasta elaborada por INIFAP-Zacatecas muestran que la concentración de fibra dietaria total, y sus fracciones soluble e insoluble, y almidón resistente es mayor en las pastas elaboradas con cotiledón de frijol, en comparación con las pastas elaboradas únicamente con trigo (Cruz-Bravo, 2021. INIFAP-Zacatecas, datos no publicados).



El papel que juega la fibra del frijol como fitoquímico es por su efecto hipocolesterolémico, es decir, porque disminuye hasta un 10% el colesterol en la sangre. También el almidón resistente del frijol puede ejercer el mismo efecto que la fibra. Por otra parte, la fermentación en el colon de la fibra soluble y el almidón resistente que generan ácidos grasos de cadena corta, provoca la disminución de la síntesis hepática del colesterol (Ulloa & Ramirez, 2011). El aumento de triglicéridos presentado por el control diabético en comparación con el control sano fue de un 134%, mientras que los tratamientos metformina (100%) y, diabético +trigo (44%) tuvieron un incremento menor. Los grupos tratados con dieta suplementada con pasta de frijol tuvieron una reducción en triglicéridos, con un incremento solo de 3.9 mg/dL para el grupo diabético+frijol y de 8.1 mg/dL para el grupo diabético+ frijol+ metformina. Los valores más cercanos al control sano son los grupos tratados con una dieta suplementada con pasta elaborada con harina de frijol.

Tabla 1. Efecto del frijol en el perfil lipídico de ratas después de tratamiento con frijol cocido.

	Control Sano	Control Diabético	Grupos de tratamiento			
			Metformina	Diabético-Pasta trigo	Diabético-Pasta frijol	Diabético-Pasta frijol-Metformina
Colesterol	127.7 ± 9.6 c	177.7 ± 5.8 a	169.3 ± 16.0 a	164.7 ± 12.0 a	155.9 ± 9.8 ab	151.6 ± 7.8 b
Triglicéridos	97.5 ± 7.2 c	228.2 ± 17.7 a	203 ± 19.7 a	140.5 ± 19.5 b	101.4 ± 16.2 c	105.6 ± 8.2 c
HDL	49.9 ± 3.2 a	31.3 ± 1.6 c	51.9 ± 5.2 a	41.6 ± 2.7 b	35.4 ± 4.4 c	55.2 ± 8.3 a
LDL	52.5 ± 6.8 c	110.5 ± 13.5 a	97.6 ± 13.3 ab	95.0 ± 11.5 b	100.2 ± 7.5 a	75.2 ± 10.4
VLDL	19.5 ± 1.4 c	45.6 ± 3.5 a	40.8 ± 3.9 a	28.1 ± 3.9 b	20.3 ± 3.2 c	21.1 ± 1.6 c
Índice aterogénico	0.29 ± 0.05 d	0.85 ± 0.05 a	0.62 ± 0.03 b	0.5 ± 0.07 c	0.5 ± 0.09 c	0.3 ± 0.08 d

Los datos se muestran como la media ± EE. Letras diferentes entre renglones indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey

Al ver los resultados de HDL en la Tabla 1, se puede observar que el control diabético disminuyó un 37.3% en comparación con el control sano. Sobre los tratamientos diabético +trigo y diabético+ frijol, se observó un incremento del 32.9 y 11.6% respectivamente, en comparación con el control diabético. Es interesante observar que la inclusión de un tratamiento médico como la metformina, incremento la concentración de esta lipoproteína, ya que por sí sola, el consumo de metformina permitió un incremento del 66% con respecto al control diabético, mientras que el consumo de metformina con una dieta suplementada con pasta elaborada con frijol, elevó la concentración hasta en un 76% al comparar con el mismo control.

Estos resultados muestran que incluir la pasta elaborada con harina de frijol en pacientes que se medican con metformina beneficia de manera significativa la concentración de HDL, lo que concuerda con Izaguirre et al. (2016) quienes evaluaron el efecto de la metformina sobre la



obesidad asociada a fenotipos metabólicos en individuos de cualquier género con sobrepeso u obeso ( $\geq 20$  años) administrando 850 mg/día de metformina durante 24 semanas; al término del tratamiento, el HDL e índice aterogénico presentaron una mejoría significativa, por ende se observó un descenso en los valores del LDL y, paralelo a ello, hubo un descenso promedio de 0.48 kg en el peso y una mejoría del IMC en los pacientes; además, la presión arterial (tanto sistólica como diastólica) no mostró cambios significativos. Obteniendo que la administración de metformina tiene un efecto positivo sobre el perfil lipídico, la reducción del peso corporal y algunos predictores de riesgo cardiovascular.

Respecto a los valores obtenidos de LDL, el control diabético tuvo el valor más elevado de esta lipoproteína, con un incremento respecto al control sano del 110.5%; por otra parte, el resto de los grupos presentaron un aumento menor; los grupos de control metformina (86%), diabético +trigo (81%), diabético+ frijol (91%) obtuvieron incrementos importantes; mientras que el grupo diabético+ frijol+ metformina presentó el menor incremento con 43.2%. Se ha reportado que la metformina tiene un efecto favorable sobre los lípidos ya que reduce los niveles de LDL, hasta aproximadamente 10 mg/dL. En la medición de dicha lipoproteína el mejor efecto fue el causado por la acción sinérgica de metformina y dieta adicionada con pasta de frijol.

En cuanto a la concentración de VLDL, se observó un incremento de esta lipoproteína con 134% más VLDL en el control diabético en comparación al control sano, un 109.4% en el control metformina y 44% en el grupo diabético+ trigo, mientras que un aumento solo del 4% en el grupo diabético+ frijol y 9.4% en diabético+ frijol+ metformina fue observado. Los grupos tratados con una dieta adicionada con frijol tuvieron los valores más cercanos a los observados a partir del control sano.

Estos resultados son importantes ya que la concentración de esta lipoproteína puede estar asociado con un mayor riesgo de ataque cardíaco y accidente cerebrovascular, mientras que un valor muy bajo de este limita el flujo de sangre rica en oxígeno en el cuerpo y puede conducir a la enfermedad de las arterias coronarias y otras enfermedades del corazón (Carvajal, 2014). Los valores normales de VLDL varían de 2-30 mg/dL, siendo así que, a excepción de los grupos control diabético y metformina, el resto de los grupos presentan valores normales en dicha lipoproteína.

Finalmente, en el índice aterogénico (IA) el control diabético presentó un incremento del 295%, el grupo metformina 214%, y los grupos diabético+ trigo y diabético + frijol aumentaron un 73% respecto al valor del control sano; no obstante el grupo diabético + frijol + metformina presentó un aumento insignificante de tan solo 0.012 % respecto al control sano, teniendo valores prácticamente iguales; El índice aterogénico hace referencia a un conjunto de indicadores bioquímicos, los cuales a partir de la relación entre el colesterol, LDL, HDL y triglicéridos nos permiten identificar sujetos propensos a desarrollar enfermedades crónicas (Buitrago et al.,2020). Al respecto, Burke et al. (2014) sostienen que en sujetos que consumen una dieta alta en grasa, generalmente, coexisten trastornos en el perfil lipídico, conducentes



al desarrollo de dislipidemia aterogénica. Asimismo, se sabe que entre mayor sea el valor LDL mayor será el riesgo aterogénico y por ende aumentará el riesgo de la enfermedad (Terrès, 2000).

## Conclusiones

En general, todos los grupos de tratamiento, tanto los tratados con el fármaco como los que recibieron las pastas, mostraron una mejoría en la concentración de glucosa sérica al ser comparados con el control diabético. Sin embargo, la implementación de dieta adicionada con la pasta elaborada con cotiledón de frijol mostró poseer propiedades que regulan la concentración de glucosa en la sangre a un nivel similar al control sano.

## Referencias

- Buitrago, P., Muñoz, A., Arcila, M., & Silva, D. (2020). Índices aterogénicos y composición corporal en cadetes de una escuela de formación militar colombiana. *Sanidad Militar*, 76: 13-18.
- Carvajal, C. (2014). Lipoproteínas: metabolismo y lipoproteínas aterogénicas. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31: 1-8.
- Cruz-Bravo, R.K., Guzmán-Maldonado, S.H., Herrera, M.D., Cid-Ríos, J.A. y Juárez-García, M. (2015). Galletas con harina de frijol de alta calidad nutricional y nutracéutica. Folleto Técnico. Núm. 66. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 21 páginas.
- Hernández-Saavedra, D., Mendoza-Sánchez, M., Hernández-Montiel, H.L., Guzmán-Maldonado, H.S., Loarca-Piña, G.F., Salgado, L.M., Reynoso-Camacho, R. (2013). Cooked common beans (*Phaseolus vulgaris*) protect against  $\beta$ -cell damage in streptozotocin-induced diabetic rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68: 207-212.
- Izaguirre, F., Navarrete-Tapia, U., Narváez, C., Domínguez, A. (2016). Effect of metformin on obesity associated metabolic phenotypes. *Revista Mexicana de Cardiología*, 27: 26-33.
- Kaur, G.; Jabba, Z.; Athar, M.; Alam, S. (2005). *Punica granatum* (pomegranate) flower extracts possesses potent antioxidant activity and abrogates Fe-NTA induced hepatotoxicity in mice. *Food Chem Toxicol*, 44: 984-993.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2012). Citado 06 de octubre del 2021. Liga:<http://www.worlddiabetesday.org/es>.
- Ulloa, A., & Ramírez, J.. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Fecha de consulta Junio 26,2021, de Universidad Autónoma de Nayarit Sitio web: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>.
- Terrés, A. (2000). El laboratorio clínico y la evaluación del riesgo coronario. *Revista Mexicana Patología Clínica*, 47: 202-218.



## SÍNTESIS DIFERENCIADA DE FENIL PROPANOIDES EN DIFERENTES TEJIDOS DE PLANTAS DE CHILE MIRASOL

Mayra Denise Herrera<sup>1\*</sup>, Luis Eduardo Reveles Saldívar<sup>1</sup>, Jaime Mena Covarrubias<sup>1</sup>, José Ángel Cid Ríos<sup>1</sup>,  
Silvia Salas Muñoz<sup>2</sup>, Luis Roberto Reveles Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. <sup>2</sup>Investigadora del programa Cátedras Conacyt. CONACYT-INIFAP. \*Autor de Correspondencia: mayradherrera@gmail.com

### Introducción

La radiación solar es uno de los recursos más valiosos en la producción agrícola, pues de ella dependen muchos procesos fisiológicos de las plantas, entre los más importantes, la fotosíntesis. La luz visible comprende longitudes de onda que van desde los 400 a 700 nm (nanómetros) del espectro de radiación. Sin embargo, las longitudes de onda por encima o por debajo del rango anterior en grandes intensidades suelen afectar importantes procesos en las plantas (Müller-Xing et al., 2014). Uno de los mecanismos de adaptación a radiación UV-B más documentado es el aumento de la producción de metabolitos secundarios tales como los derivados de la ruta biosintética de los fenilpropanoides. Dentro de este grupo se encuentran los flavonoides, que se acumulan en las células de la epidermis de diversas especies vegetales, y por ser compuestos que absorben radiación entre los 280-360 nm, reducen el efecto deletéreo de la luz UV-B sobre los distintos componentes celulares (Rozema et al., 2002). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la luz ultravioleta sobre la síntesis de compuestos fenilpropanoides en diferentes tejidos de plantas de chile tipo Mirasol.

### Materiales y métodos

**Producción de plántulas de chile.** La siembra de chile se realizó en charolas de 200 cavidades dentro del invernadero del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, las cuales se establecieron en el mes de marzo bajo las recomendaciones señaladas por Reveles-Hernández et al. (2010) para la aplicación de riegos y nutrición. Las plántulas de chile se trasplantaron cuando presentaron de tres a cuatro hojas verdaderas con una altura de 10 a 20 cm, o después de que la planta cumpliera los 50 días en invernadero.

**Establecimiento de la parcela experimental.** Se estableció una parcela experimental con la variedad de chile Mirasol en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP ubicado a 22° 54' latitud Norte, y 102° 39' longitud Oeste a una altitud media de 2,197 msnm, en el ciclo O-I del 2018; el mismo día del trasplante, algunas plantas de chile fueron cubiertas con mallas anti-áfidos colocadas sobre arcos de alambroón de 1.8 metros de largo y doblados en semi-círculo (Figura 1).





**Obtención de tejidos vegetales y procesamiento de muestras.** Los muestreos se realizaron haciendo cortes del tejido foliar de hojas del ápice, y en pedúnculos florales de plantas de chile cubiertas y descubiertas; una vez realizado el corte, el tejido se congeló en nitrógeno líquido con el fin de detener su metabolismo. En laboratorio, los tejidos fueron almacenados a  $-80^{\circ}\text{C}$  en un ultracongelador, posteriormente se liofilizaron y molieron con el uso de un molino doméstico (KROPUS) y se almacenaron en bolsas selladas que se mantuvieron en un lugar fresco y seco hasta su uso.



Figura 1. Parcela experimental con plantas de chile Mirasol con cobertura de malla anti-áfidos.

**Extracción de flavonoides.** Se realizó una extracción de los compuestos fenólicos mediante el solvente de extracción propuestos por Xu et al. (2007), a 1 g de muestra liofilizada se le adicionaron 10 mL de acetona acidificada al 70 % con 0.5 % de ácido acético [(acetona/agua/ácido acético (70:29.5:0.5 v/v/v)], protegiendo de la luz y agitando durante 24 h, después se centrifugó a  $5000 \times g$  durante 10 min a temperatura ambiente, para obtener el sobrenadante. Para la cuantificación de flavonoides totales se realizó la técnica descrita por Liu et al (2002), esta técnica se basa en la capacidad del  $\text{AlCl}_3$  para formar quelatos con flavonoides; sin embargo, algunos de estos quelatos son inestables a pH ácidos, por lo cual la reacción se lleva a cabo en un medio básico. A 100  $\mu\text{L}$  del extracto se agregaron 1250  $\mu\text{L}$  de agua y 75  $\mu\text{L}$  de una solución de  $\text{NaNO}_2$  5 %, los tubos se agitaron durante 6 min y posteriormente se adicionó 150  $\mu\text{L}$  de carbonato de aluminio al 10 %, se agitó nuevamente durante 5 min y se agregó a la reacción 500  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaOH}$  1M y 525  $\mu\text{L}$  de agua, se dejó incubando durante 30 min a temperatura ambiente. Para la cuantificación de flavonoides totales se tomó lectura de la absorbancia a 510 nm en el espectrofotómetro. La concentración final se determinó utilizando una curva estándar de (+) catequina (0–0.074 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de (+) catequina/g de muestra seca.



## Resultados y discusión

La concentración de flavonoides en las hojas se incrementó bajo mayor radiación UV-B (Figura 2). La radiación UV-B induce la síntesis de enzimas clave de la ruta de los fenilpropanoides; por lo tanto, bajo una alta exposición a radiación UV-B, las plantas generalmente aumentan la síntesis de novo de flavonoides (Rozema et al., 2002; Searles et al., 2001).

La acumulación de flavonoides, frecuentemente observada en respuesta a radiación UV-B, también ha sido relacionada con su potencial acción antioxidante frente a radicales libres (Hofmann et al., 2000). No obstante, la función antioxidante de los flavonoides es compleja y depende de una variedad de factores, los que incluyen su compartimentalización, potencial redox, presencia de dobles enlaces, glicosilación y niveles de hidroxilación. Los compuestos absorbentes de UV tales como fenoles y flavonoides son inducidos por radiación UV-B, acumulándose preferentemente en las células de la epidermis y son capaces de absorber la radiación UV-B no interfiriendo en la absorción de la radiación fotosintéticamente activa (Landry et al., 1995; Li et al., 1993).

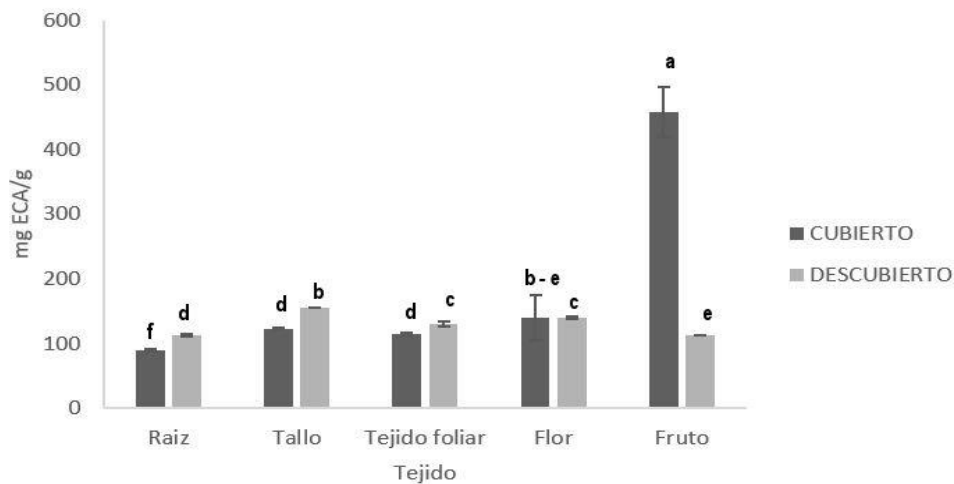


Figura 2. Concentración de flavonoides en raíz, tallo, tejido foliar, flor y frutos de plantas de Chile Mirasol colectadas en Calera.

La disminución de la concentración de flavonoides tanto en flores como frutos de las plantas expuestas a una mayor radiación UV-B corresponde al alto nivel de flavonoides en las hojas de las plantas bajo una mayor radiación UV-B; Esto último se puede atribuir a que la síntesis de compuestos absorbentes de UV-B es un proceso que consume energía, y las plantas invierten energía en sustancias que les permiten sobrevivir en condiciones de estrés, dándole así prioridad a los órganos fuente. (Brechner, 2008).



## Conclusiones

El estrés abiótico ocasionado por radiación UV-B en las plantas de Chile Mirasol produce cambios metabólicos en estas, debido a que se observaron alteraciones en el contenido de flavonoides totales en los diferentes tejidos de las plantas que fueron sometidas a la radiación en comparación con las que permanecieron cubiertas por la malla. Es evidente que existe una diferenciación metabólica entre las plantas de Chile analizadas; en las plantas que sufrieron estrés por exposición a la luz solar se observó mayor concentración de flavonoides, ya que las rutas biosintéticas involucradas en la producción de estos compuestos, como la ruta de los fenilpropanoides, fueron inducidas por este fenómeno. Los resultados de la investigación, además de brindar una descripción bioquímica de la síntesis de fenilpropanoides en respuesta al estrés por radiación UV-B en plantas de Chile Mirasol, plantean datos interesantes sobre la asignación de polifenoles entre diferentes tejidos, lo que indica que el estrés por radiación afecta el transporte de recursos entre los órganos sumidero y fuente.

## Referencias

- Brechner, M. (2008). Some effects of light quantity and quality on secondary metabolites hyperforin, pseudohypericin and hypericin, in *Hypericum perforatum*. *Plant Physiology*, 142(4), 137-144.
- Hofmann, R. W., Swinny, E. E., Bloor, S. J., Markham, K. R., Ryan, K. G., Campbell, B. D., & Fountain, D. W. (2000). Responses of nine *Trifolium repens* L. populations to ultraviolet-B radiation: differential flavonol glycoside accumulation and biomass production. *Annals of Botany*, 86(3), 527-537.
- Landry, L. G., Chapple, C. C., & Last, R. L. (1995). *Arabidopsis thaliana* mutants lacking phenolic sunscreens exhibit enhanced ultraviolet-B injury and oxidative damage. *Plant Physiology*, 109(4), 1159-1166.
- Li, J., Ou-Lee, T. M., Raba, R., Amundson, R. G., & Last, R. L. (1993). *Arabidopsis thaliana* flavonoid mutants are hypersensitive to UV-B irradiation. *The Plant Cell*, 5(2), 171-179.
- Liu, M., Li, X.Q., Weber, C., Lee, C.Y., Brown, J., Liu, R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 2926-2930.
- Müller-Xing, R., Xing, Q., & Goodrich, J. (2014). Footprints of the sun: memory of UV and light stress in plants. *Frontiers in plant science*, 5, 474.
- Reveles-Hernández, M., Huichín-Alarcón, S., Velázquez-Valle, R., Trejo-Calzada, R., & Ruíz-Torres, J. (2010). Producción de plántula de Chile en invernadero. Folleto técnico, (41), 40.
- Rozema, J., Björn, L. O., Bornman, J. F., Gaberščik, A., Häder, D. P., Trošt, T., & Meijkamp, B. B. (2002). The role of UV-B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems—an experimental and functional analysis of the evolution of UV-absorbing compounds. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 66(1), 2-12.
- Searles, P. S., Flint, S. D., & Caldwell, M. M. (2001). A meta-analysis of plant field studies simulating stratospheric ozone depletion. *Oecologia*, 127(1), 1-10.
- Xu, B. J., & Chang, S. K. C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of food science*, 72(2), S159-S166.



## CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS NO DIGERIBLES EN CHILE MIRASOL SECADO POR DIFERENTES MÉTODOS

Mayra Denise Herrera<sup>1\*</sup>, Jaime Mena Covarrubias<sup>1</sup>, Néstor Manuel Ortiz Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. <sup>2</sup>UNAM-Instituto de Energías Renovables. \*Autor de Correspondencia: mayradherrera@gmail.com

### Introducción

Tradicionalmente, el chile se seca directamente bajo el sol. Este método requiere largos tiempos de secado, depende de la disponibilidad de sol y es susceptible a la contaminación con materiales extraños e infestaciones de insectos y hongos, lo que lleva a la obtención de un producto de baja calidad, en ocasiones inutilizable (Fudholi et al., 2013). Por lo anterior, la creciente demanda de hortalizas secas de alta calidad requiere el diseño, la simulación y una mayor optimización del proceso de secado con el fin de lograr no solo la eficiencia del proceso, sino también la calidad final del producto seco (Arslan et al., 2011). Hasta ahora, la deshidratación ha sido el método más utilizado para extender la vida útil de las frutas y verduras, y se utiliza para reducir el contenido de humedad, con el objetivo de una conservación eficiente y un almacenamiento prolongado; este procesamiento mejorado se basa en la prevención del desarrollo de microorganismos. Otra ventaja es el transporte más barato y fácil debido a la reducción de peso y volumen (Tzampelikos et al. 2014; Wojdyło et al. 2016). Sin embargo, el secado de frutas y hortalizas es un proceso complejo que implica la transferencia simultánea de calor y masa en condiciones transitorias. El conocimiento de los mecanismos de transferencia de calor y masa relacionados con el proceso y el papel de los parámetros de secado tiene un impacto directo en la mejora de la calidad del producto deshidratado (Tzampelikos et al., 2014). Bajo el contexto anterior, cabe mencionar que el chile es un importante cultivo hortícola, y gran parte de su cosecha se designa a la obtención de chile seco. La superficie destinada a la producción de chile para secado en el país es de cerca de 70 mil hectáreas, con una producción promedio de 53 mil toneladas y un rendimiento de 0.75 ton/ha, registrado para el 2017. A nivel nacional, Zacatecas ocupa el primer lugar por superficie sembrada con más de 30 mil hectáreas y el primer lugar por valor de la producción, con una aportación para el 2017 de 3.22 mil millones de pesos (SIAP, 2018). Por lo anterior, se busca difundir las variaciones causadas en la calidad física y nutracéutica del chile secado bajo diferentes métodos, e identificar la mejor opción según lo que se busca del producto final.



## Materiales y Métodos

Se realizó el secado de chile tipo Mirasol por diferentes métodos, para esto se tomó muestras de chile ( $n=10$ ) de manera al azar de una parcela experimental establecida en el Campo Experimental INIFAP-Zacatecas (CEZAC) (Figura 6) bajo las recomendaciones del paquete tecnológico para la producción de chile. El muestreo se realizó de plantas cubiertas con malla antiáfidos y de plantas sin cubierta ( $N=100$ ).

Se trabajó con un diseño factorial completo. El primer factor tuvo lugar en campo, denominado "Malla antiáfidos" con dos niveles: cubierta y descubierta; el segundo factor se denominó "Tipo de secado" constituido por cinco niveles (deshidratador solar, invernadero, túnel solar, macrotúnel, deshidratador de gas), y estos formaron parte de un tratamiento poscosecha de los frutos. El objetivo de este diseño fue evaluar experimentalmente los efectos que tales factores tienen sobre las variables respuesta del presente estudio; adicionalmente, estudiar los posibles efectos de interacción fue de suma importancia, ya que la interacción entre dos factores indica que el efecto sobre la respuesta de un primer factor depende de los niveles del otro factor. En laboratorio se cuantificó la concentración de la fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble (Total dietary Fiber Kit, Sigma-Aldrich).

## Resultados y discusión

La importancia de las fibras alimentarias ha llevado al desarrollo de un mercado grande y potencial para productos ricos en fibra y, en los últimos años, existe una tendencia a encontrar nuevas fuentes de fibra dietaria que puedan utilizarse en la industria alimentaria (Elleuch, et al., 2010). Esto debido a que diversos estudios clínicos y epidemiológicos han demostrado que el su consumo está inversamente relacionado con el riesgo a padecer enfermedades cardiovasculares y crónico degenerativas (Lattimer et al., 2010; Papathanasopoulos et al., 2010). Además, se ha reportado que la fracción soluble reduce la glucosa postprandial y disminuye el colesterol en la sangre (Ajila et al., 2008). Mientras que la fracción insoluble estimula la liberación de insulina postprandial (Lattimer et al., 2010). Sin embargo, es bien sabido que el procesamiento de los alimentos modifica la estructura de la matriz de fibra; entre estos, el procesamiento térmico (Tatjana et al., 2002). En las Figuras 1-3 se puede observar el efecto de la cobertura con malla antiáfidos de las plantas de chile y el tipo de secado del fruto, sobre la concentración de carbohidratos no digeribles. La Figura 1 muestra que, a excepción de los chiles secados en macrotúnel, se cuantificó ligeramente mayor concentración de fibra dietaria total en los chiles obtenidos de plantas descubiertas; sin embargo, a partir del análisis estadístico de los datos se puede concluir que no existe diferencia significativa. Adicionalmente, no existe un efecto de interacción entre los dos factores evaluados ( $P=0.309$ ). No obstante, para esta variable respuesta, el efecto del tipo de secado influyó significativamente ( $P=0.002$ ).

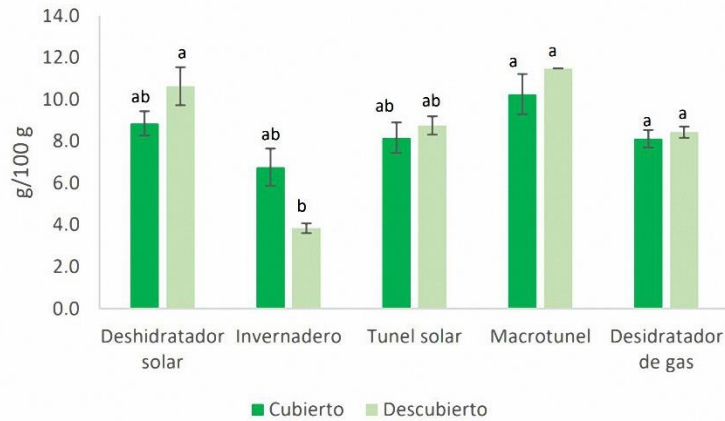


Figura 1. Concentración de fibra dietaria total en frutos de chile obtenidos de plantas cubiertas y descubiertas de malla antiáfidos y diferentes tipos de secado. Los datos se expresan como la media  $\pm$  DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

Lo anterior demuestra que la concentración de fibra dietaria total está influenciada por el tipo de tratamiento térmico durante el secado. En este sentido, una deshidratación por energía solar y con flujo térmico por convección permite la mayor concentración. Un incremento del 55 % se observó al comparar la concentración de fibra dietaria total de chiles secados en el túnel solar en comparación con el deshidratador de gas, método por el cual se encontró la menor concentración. Esta tendencia en la acumulación de fibra dietaria fue similar a la observada para la fracción insoluble (Figura 2). Sin efecto de interacción ( $P=0.176$ ) ni efecto significativo por efecto de la cubierta de las plantas ( $P=0.762$ ), nuevamente el efecto principal fue por el tipo de secado ( $P<0.000$ ).

El macrotúnel se posicionó como uno de los mejores métodos de secado, si lo que se busca es una elevada concentración de fibra dietaria insoluble, al igual que el secado por deshidratación solar, ambos métodos basados en el uso de la energía solar; la diferencia en la concentración de la fracción insoluble de la fibra dietaria solo fue del 8 % al comparar ambos métodos, esto en chiles de plantas descubiertas; mientras que los chiles secados por invernadero tuvieron la menor concentración de esta fracción con una disminución del 68 % para chiles obtenidos de plantas descubiertas y 67 % para chiles de plantas cubiertas.

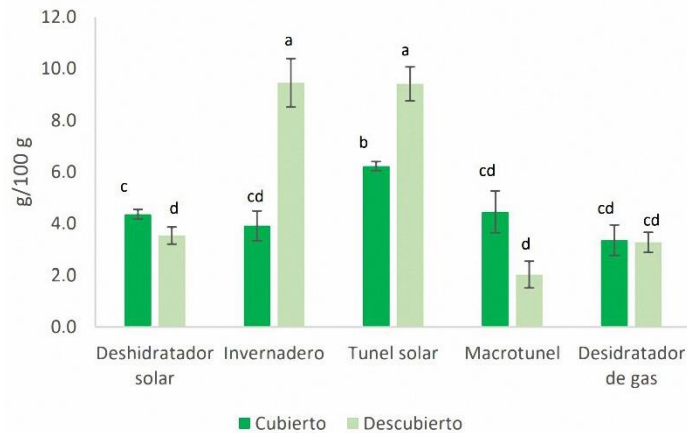


Figura 2. Concentración de fibra dietaria insoluble en frutos de chile obtenidos de plantas cubiertas y descubiertas de malla antiáfidos y diferentes tipos de secado. Los datos se expresan como la media  $\pm$  DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

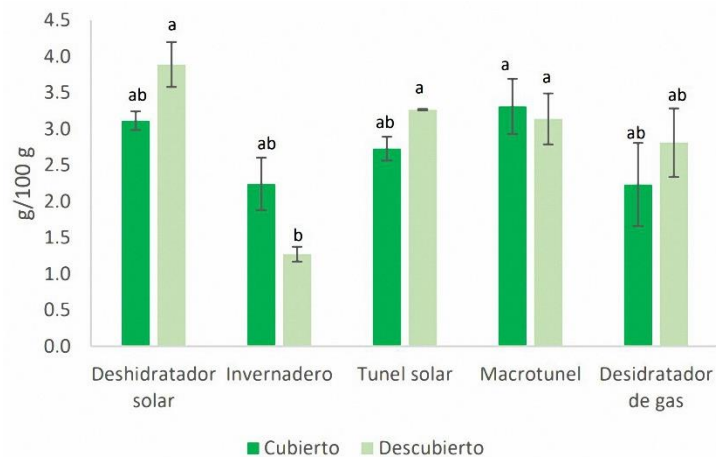


Figura 3. Concentración de fibra dietaria soluble en frutos de chile obtenidos de plantas cubiertas y descubiertas de malla antiáfidos y diferentes tipos de secado. Los datos se expresan como la media  $\pm$  DE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

La fracción soluble de la fibra dietaria se encontró en mayor concentración en los chiles secados en el invernadero, a diferencia de la fracción insoluble, este método de secado incrementó esta fracción en un 79 % en comparación con lo observado por efecto del secado en macrotúnel, que fue el método más sobresaliente en la cuanto a la cuantificación de la fracción insoluble, contrario a lo observado para la presente variable respuesta. (Figura 3) para los chiles provenientes de las plantas descubiertas. Resulta interesante observar que existió un efecto de interacción significativo ( $P=0.009$ ) entre ambos factores evaluados; cuando las plantas no se sometieron a una protección contra los rayos UV con malla antiáfidos, el secado en invernadero fue la mejor opción para incrementar la fibra dietaria soluble, sin embargo, este método resultó el menos recomendado cuando las plantas se cultivan protegiendo de la luz.



Un efecto similar se puede observar a partir de los resultados obtenidos del secado por túnel solar. Bajo el mismo contexto, esta diferenciación por la interacción entre los niveles de ambos factores se puede observar en la concentración de la fracción soluble cuantificada a partir de los chiles secados en macrotúnel, mientras que el efecto no se observó en los chiles sometidos a una deshidratación por gas.

## Conclusiones

Es evidente que existe una diferenciación metabólica por efecto de la cobertura contra la luz ultravioleta de plantas de chile tipo Mirasol, y el tipo de secado de los frutos. Tanto los efectos principales como el de interacción fueron sobresalientes para la calidad nutracéutica, dependiendo de la variable respuesta analizada. En cuanto a la concentración de la fibra dietaria, y sus fracciones soluble e insoluble, el secado basado en el uso de energía solar es una mejor opción en comparación con el secado con gas, siendo más sobresaliente el método de secado en túnel solar.

## Referencias

- Arslan, D., Ozcan, M.M. (2011). Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 504-513.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. (2010). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review, *Food Chemistry*, 124, 411-421.
- Fudholi, A., Othman, M.Y., Ruslan, M.H., Sopian, K. (2013). Drying of malaysian *Capsicum annuum* L. (red chili) dried by open and solar drying. *International Journal of Photoenergy*, 2013, 1-9.
- Lattimer, J. M.; Haub, M. D. (2010). Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*, 2, 1266- 1289.
- Papathanasopoulos, A.; Camilleri, M.D. (2010). Dietary Fiber Supplements: Effects in Obesity and Metabolic Syndrome and Relationship to Gastrointestinal Functions. *Gastroenterology*, 138, 65-72.
- Tatjana, K., Terezija, G., Milica, K., Plestenjak, A. (2002). Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chemistry*, 80, 231-235
- Tzampelikos, D. A., Vouros, A. P., Bardakas, A. V., Filios, A. E. Margaris, D. P. (2014). Case Studies on the effect of the air drying conditions on the convective drying of quinces. *Case Studies in Thermal Engineering*, 3, 79-85.
- Wojdyło A., Figiel A., Legua P., Lech K., Carbonell-Barrachina A. A., Hernández F. (2016). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chemistry*, 207, 170-179.





## CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS FENÓLICOS EN TEJIDO FOLIAR DE CHILE ANCHO POR EFECTO DE LA INFECCIÓN CON FITOPLAMAS

Mayra Denise Herrera<sup>1\*</sup>, Luis Roberto Reveles Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. \*Autor de Correspondencia: mayradherrera@gmail.com

### Introducción

Las enfermedades asociadas a la infección por fitoplasmas son importantes para diferentes cultivos de interés agrícola distribuidos a nivel mundial (Junqueira et al., 2004). En este sentido, es poco común encontrar estudios relacionados con los cambios bioquímicos causados por este tipo de microorganismos; sin embargo, algunos estudios han demostrado que la infección por fitoplasma puede modificar los niveles de algunos compuestos en diferentes tejidos de la planta, ya que exhiben una amplia variedad de síntomas en respuesta al ataque del patógeno, las cuales se manifiestan por modificaciones en la pared celular y la acumulación local de metabolitos secundarios como los polifenoles (Himeno et al., 2014; Musetti et al., 2000). Estos metabolitos son producidos por las plantas como parte de un inmenso número de compuestos secundarios que interactúan con organismos benéficos o dañinos; estos componentes actúan principalmente como compuestos de señalización y fitoquímicos de defensa (Leiss et al., 2012). Sin embargo, Margaria y colaboradores (2014) mencionan que el fitoplasma se esparce a través de los tejidos de la planta infectada sin inducir una respuesta de resistencia efectiva. No obstante, dicha infección se asocia con alteraciones en algunos parámetros fisiológicos y rutas metabólicas, las cuales se ven modificadas por la incidencia del estrés biótico. Se puede considerar que los cambios existentes en el perfil de metabolitos son una de las principales características en cuanto a la interacción de la planta con el patógeno y el medio ambiente (Ying-Ping et al., 2014). La diferenciación bioquímica que existe entre una planta infectada y una sana ocurre en diferentes niveles de sus procesos metabólicos. La vía biosintética de los fenilpropanoides es una de las más estudiadas y relacionadas con los mecanismos de defensa de las plantas ante una amplia gama de factores de estrés, y es responsable de la síntesis de un gran número de compuestos fenólicos (Fan et al., 2015). El objetivo fue evaluar el efecto de la infección por fitoplasmas sobre la concentración de ácidos fenólicos en plantas de Chile Ancho.

### Materiales y métodos

Se colectó tejido foliar de plantas de Chile Ancho de parcelas comerciales de productores cooperantes con la sintomatología de yema grande, característica de la infección de fitoplasmas en plantas de Chile. En laboratorio, se identificó la presencia del patógeno en las plantas colectadas como enfermas, por medio de técnicas moleculares (datos no mostrados), adicionalmente, se comprobó que las plantas que se colectaron sin la sintomatología de yema grande, eran plantas sanas. Los tejidos se almacenaron en nitrógeno líquido para su traslado al INIFAPZ-CEZAC y posterior liofilización.



El perfil de ácidos fenólicos se obtuvo de las muestras de tejidos de plantas enfermas, contrastándolas con plantas sanas o libres de la infección por fitoplasmas. La cuantificación de ácidos fenólicos se realizó según lo propuesto por (Reynoso-Camacho et al., 2021). El perfil fitoquímico se evaluó en un cromatógrafo líquido de ultra rendimiento (UPLC) acoplado a un detector de matriz de diodos (DAD) y un espectrómetro de masas (MS) de tiempo de vuelo cuadrupolo (Q-ToF) con una interfaz de ionización de carbono con electropulverización (ESI) (VionIMS, Waters Co).

Las muestras se filtraron (0,45 mm) y se inyectaron directamente en una columna BEH Acquity C18 (2,1 x 100 mm, 1,7 mm) a 35 °C. Para la separación cromatográfica se utilizó como fase móvil agua con ácido fórmico al 0,1% (A) y acetonitrilo (B) a un caudal de 0,5 mL/min. Las condiciones de gradiente fueron 0 % B/0 min, 15 % B/2,5 min, 21 % B/10 min, 90 % B/12 min, 95 % B/13 min, 0 % B/15 min y 0 % B/ 17 minutos. Las absorbancias se midieron a 214, 280, 320 y 360, 484 y 535 nm. Los resultados se expresaron como µg por g de muestra seca.

## Resultados y Discusion

Ante la infección por patógenos, la planta hospedante activa una respuesta física y bioquímica multicomponente que implica cambios radicales en los patrones de expresión de genes, proteínas y metabolitos (Ying-Ping et al., 2014). Algunos estudios han revelado que la infección por fitoplasmas puede modificar los niveles de diferentes componentes en los tejidos vegetales a través de modificaciones en la pared celular y la acumulación local de metabolitos secundarios como los polifenoles (Himeno et al., 2014; Musetti et al., 2000).

El cuadro 1 muestra la concentración de ácidos fenólicos de dos familias diferentes, los ácidos hidroxibenzoicos y los hidroxicinámicos. De los primeros, solo se identificó ácido hidroxibenzoico hexóxido, y se cuantificó en mayor concentración en el tejido foliar de plantas infectadas con fitoplasmas. Este estudio, la síntesis de fenilpropanoides, como los ácidos fenólicos, se incrementó en tejido foliar recolectado a partir de plantas de Chile Ancho con síntomas de infección por fitoplasmas.



Cuadro 1. Concentración de ácidos fenólicos en tejido foliar de plantas de chile Ancho sanas e infectadas por fitoplasmas.

Family	Nombre del ácido	TR esperado (min)	Fórmula molecular	Masa expresada (Da)	Masa observada (Da)	m/z observado	Error de masa (ppm)	Aductos	Hoja sano	Hoja fitoplasma
Ác. hidroxibenzoico	Hidroxibenzoico hexósido	2.02	C13H16O8	300.0845	300.0841	299.0769	-1.24	[M-H] <sup>-</sup>	8.7 ± 0.6	10.8 ± 0.7
	Clorogénico	2.59	C16H18O9	354.0951	354.0952	353.0879	0.33	[M-H] <sup>-</sup>	94.1 ± 2.2	76.7 ± 8.9
	Cafeico hexósido	2.66	C15H18O9	342.0951	342.0939	341.0867	-3.38	[M-H] <sup>-</sup>	ND	ND
	Coumárico	2.72	C9H8O3	164.0473	164.0466	163.0393	-4.53	[M-H] <sup>-</sup>	ND	0.3 ± 0.0
	Ferúlico hexósido	2.97	C16H20O9	356.1107	356.1108	355.1035	0.18	[M-H] <sup>-</sup>	4.2 ± 0.4	6.7 ± 0.5
	Sinápico	3.01	C11H12O5	224.0685	224.0682	223.0610	-1.02	[M-H] <sup>-</sup>	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
Ác. hidroxicinámico	Cafeoilquinico, isómero II	3.03	C16H18O9	354.0951	354.0957	353.0885	1.86	[M-H] <sup>-</sup>	19.4 ± 0.5	18.2 ± 1.6
	Coumaroilquinico, isómero I	3.05	C27H28O12	338.1002	338.1007	337.0934	1.56	[M-H] <sup>-</sup>	8.1 ± 0.9	6.9 ± 0.7
	Feruloilquinico, isómero I	3.31	C17H20O9	368.1107	368.1109	367.1036	0.33	[M-H] <sup>-</sup>	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1
	Coumaroilquinico, isómero II	3.53	C27H28O12	338.1002	338.1011	337.0939	2.89	[M-H] <sup>-</sup>	12.4 ± 1.2	5.6 ± 0.5
	Feruloilquinico, isómero II	3.78	C17H20O9	368.1107	368.1114	367.1041	1.70	[M-H] <sup>-</sup>	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.1

Los datos se muestran como la media ± la DE. Letras diferentes entre líneas muestran diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey.

Se ha reportado que los fenilpropanoides juegan un papel muy importante en la habilidad que tienen las plantas para contrarrestar el ataque de patógenos, entre estos se incluye de manera general a los compuestos fenólicos como los ácidos fenólicos, los cuales toman parte en alguna de las múltiples rutas precedidas por esta vía (Dixon et al., 2002). En este sentido, Vogt (2010) menciona que la vía de los fenilpropanoides es precursora de muchos metabolitos en las plantas ya que, por medio de esta, se realiza la biosíntesis de fitoquímicos a partir de la estructura de carbono de la fenilalanina. Por otro lado, en cuanto a los ácidos hidroxicinámicos, el ácido clorogénico se encontró en mayor concentración en ambos tejidos, al comparar el resultado con el resto de los ácidos de esta familia.

El ácido fenólico, al igual que la mayoría de los ácidos hidroxicinámicos fue mayor en el tejido de las plantas sanas. Estos resultados son importantes, ya que aunque pocos estudios han relacionado la incidencia de la infección por fitoplasmas con el aumento de compuestos fenólicos en diferentes cultivos, como *Malus pumina* y *Prunus domestica* (Musetti, Favali, & Pressacco, 2000), *Zea mays* (Junqueira et al., 2004), *Vitis vinifera* (Margaria et al., 2014), *Theobroma cacao* (Ondobo et al., 2014) y *Vigna radiata* (Hameed et al., 2017), no existe información suficiente sobre el efecto del fitoplasma sobre el contenido de polifenoles en las plantas de Chile. De manera más específica, los cambios bioquímicos a nivel de la ruta de los fenilpropanoides entre diferentes tejidos de plantas de pimiento son menos conocidos.



## Conclusiones

El estrés biótico ocasionado por fitoplasmas en las plantas de Chile Ancho produce cambios metabólicos en estas, debido a que se observaron alteraciones en el contenido de fenilpropanoides, específicamente, en el ácido hidroxibenzóico hexósido en tejido foliar en plantas enfermas en diferentes etapas de la planta. El aumento de compuestos fenólicos está relacionado con la condición de la planta y la etapa de la enfermedad en la que se encuentra. Los fitoplasmas modifican los procesos metabólicos de las plantas de Chile, pudiendo algunos ácidos fenólicos ser indicadores bioquímicos para diagnóstico de la infección por fitoplasmas.

## Referencias

- Dixon, R.A.; Achnine, L.; Kota, P.; Liu, C.J.; Reddy, M.S.; Wang, L. 2002. The phenylpropanoid pathway and plant defence—a genomics perspective. *Molecular Plant Pathology*. 3: 371–390.
- Fan, G.; Xu, E.; Deng, M.; Zhao, Z.; Niu, A. 2015. Phenylpropanoid metabolism, hormone biosynthesis and signal transduction-related genes play crucial roles in the resistance of *Paulownia fortunei* to paulownia witches' broom phytoplasma infection. *BMC Genomics*. 16: 896–912.
- Hameed, S., Akhtar, K. P., Hameed, A., Gulzar, T., Kiran, S., Yousaf, S., Sarwar, N. (2017). Biochemical changes in the leaves of mungbean (*Vigna radiata*) plants infected by phytoplasma. *Turkish Journal of Biochemistry*, 42, 591–599.
- Himeno, M.; Kitazawa, Y.; Yoshida, T.; Maejima, K.; Yamaji, Y.; Oshima, K.; Namba, S. 2014. Purple top symptoms are associated with reduction of leaf cell death in phytoplasma-infected plants. *Scientific Reports*. 4: 1–7.
- Junqueira, A.; Bedendo, I.; Pascholati, S. 2004. Biochemical changes in corn plants infected by the maize bushy stunt phytoplasma. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 65: 181–185.
- Leiss, K.; Choi, H.Y.; Verpoorte, R.; Klinkhamer, P.G.L. 2010. An overview of NMR-based metabolomics to identify secondary plant compounds involved in host plant resistance. *Phytochemistry Reviews*. 10: 205–216.
- Margarita, P.; Ferrandino, A.; Caciagli, P.; Kedrina, O.; Schubert, A.; Palmano, S. 2014. Metabolic and transcript analysis of the flavonoid pathway in diseased and recovered Nebbiolo and Barbera grapevines (*Vitis vinifera* L.) following infection by Flavescence dorée phytoplasma. *Plant, Cell and Environment*. 37:2183–2200.
- Musetti, R.; Favali, M.A.; Pressacco, L. 2000. Histopathology and polyphenol contents in plants infected by phytoplasmas. *Cytobios*. 102: 133–147.
- Ondobo, M. L., Onomo, P. E., Djocgoue, P. F., Ndjaga, J. M., Boudjeko, T., & Ndoumou, D. O. (2014). Phenolic content and heritability of resistance in four hybrid populations of *Theobroma cacao* L. after leaves inoculation with *Phytophthora megakarya* Bras. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8, 17–30.
- Reynoso-Camacho, R.; Rodríguez-Villanueva, L. D.; Sotelo-González, A. M.; Ramos-Gómez, M.; Pérez-Ramírez, I. F. Citrus decoction by-product represents a rich source of carotenoid, phytosterol, extractable and non-extractable polyphenols. *Food Chemistry* 2021, 350, 129239.
- Vogt, T., 2010. Phenylpropanoid biosynthesis. *Molecular plant* 3, 2–20.
- Ying-Ping, G.; Xue-Juan, H.; Yi-Qun, L.; Chuan-Zhong, Y.; Yao-Yao, M.; Fang-Yue, G.; Qing-Xin, L. 2014. Metabolomic analysis reveals the potential metabolites and pathogenesis involved in mulberry yellow dwarf disease. *Plant, Cell & Environment*, 37, 1474–1490.



## EFFECTO DEL USO DE UN BIOESTIMULANTE EN EL ÁREA FOLEAR DE PLANTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

Mayra Denise Herrera<sup>1</sup>, Silvia Salas Muños<sup>2\*</sup>, Luis Roberto Reveles Torres<sup>1</sup>, Fátima Berenice Salazar Badillo<sup>3</sup>, Jorge Armando Mauricio Castillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. <sup>2</sup>CONACYT – INIFAP Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas - Fresnillo, 98500, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. <sup>3</sup>Unidad Académica de Ciencias Químicas – Universidad Autónoma de Zacatecas Campus Siglo XXI, Villanueva - Zacatecas, La Escondida, 98160 Zacatecas, Zacatecas, México. \*Autor de Correspondencia: silviasm0207@gmail.com

### Introducción

Los bioestimulantes basados en microorganismos han sido importantes desde el comienzo de la agricultura y, durante muchos años, el efecto de las bacterias y hongos benéficos del suelo, sobre la inmunidad de las plantas contra una amplia gama de enfermedades foliares, se consideró la base por la cual estos microorganismos podrían aumentar el rendimiento de los cultivos cuando se inoculan en plantas. Además, se ha encontrado que las señales microbianas clásicas y novedosas también pueden participar directamente en la morfogénesis de las plantas (López-Bucio et al., 2015; Ortíz-Castro et al., 2009). Sin embargo, la agricultura convencional generalmente se ha llevado a cabo sobre la base de la llamada “revolución verde”, que casi ha duplicado los rendimientos en diferentes cultivos en todo el mundo, posible solo gracias a la aplicación intensiva de fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo, y el agotamiento de los recursos de suelo y agua (Den Herder et al., 2010). Por lo tanto, existe un mayor interés en utilizar la biota benéfica del suelo como una herramienta para mejorar la nutrición y la productividad de las plantas, que también se puede introducir en los agroecosistemas mediante la inoculación o el recubrimiento de semillas (Barrios, 2007; López-Bucio et al. al., 2015). Además, según Parsa et al. (2016), las semillas de las plantas albergan internamente una diversidad de microorganismos que pueden transmitirse local o sistémicamente a la planta en desarrollo, lo que hace factible el uso de los microorganismos endófitos de las semillas en una amplia variedad de cultivos industriales y agrícolas. Por lo anterior, el objetivo de esta publicación es informar sobre el potencial de un hongos de la cepa *Alternaria* como estimulantes de crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) tipo Mirasol, que es uno de los tipos de chile para secado de mayor importancia en el estado de Zacatecas.

### Materiales y Métodos

En este estudio se utilizaron dos cultivares de frijol: Flor de Mayo Narro (rosado/crema) y Negro Zacatecas (negro). El ensayo se llevó a cabo durante la temporada verano-otoño de 2018 en una parcela comercial de un agricultor ubicada en Pánuco, Zacatecas en el centro-norte de México (22° 55' 55.4" N, 102° 33' 28.3" O, a 2299 m de elevación). El suelo del sitio de ensayo es franco arenoso de contenido medio de materia orgánica (2 %), con saturación de humedad de 41.13 %, capacidad de campo de 30.85 % y punto de marchitez de 16.97 %.



Las parcelas experimentales se establecieron el 7 de julio y la cosecha se realizó el 16 de octubre; se registró una precipitación de 241.5 mm para este período de tiempo. La preparación del suelo incluyó arado y formación de surcos, y las plantas se cultivaron en condiciones de temporal. En este experimento no se utilizaron fertilizantes químicos ni pesticidas. El frijol se cultivó bajo tres tratamientos diferentes: T1, inoculación con 50 mL de la suspensión de esporas fúngicas en V1 (1ra hoja trifoliolada desplegada) en estado vegetativo; T2, inoculación con 50 mL de la suspensión de esporas fúngicas en R1 (una flor abierta en la planta) en la etapa reproductiva; y T3, inoculación con 50 mL de la suspensión de esporas fúngicas en V1 y R1. Además, se establecieron parcelas de control compuestas por plantas no inoculadas (C). Cada parcela experimental fue de cuatro surcos de 4 m por tratamiento sembrados con 60 semillas y se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas. La suspensión de esporas se aplicó sobre las raíces. La primera inoculación con la suspensión de esporas fúngicas se programó para los tratamientos T1 y T3 de los dos cultivares de frijol, en plantas de 13 días de edad. La segunda inoculación se programó para los tratamientos T2 y T3 en plantas de 53 días de edad. Las plantas de control (no inoculadas) se cultivaron en las mismas condiciones de las plántulas inoculadas. Se realizaron cuatro muestreos destructivos durante el ciclo del frijol, dos de cada etapa vegetativa y reproductiva, a los 33, 53, 73 y 80 días después de la siembra (DDS), y se completaron tomando tres plantas de cada bloque, que conformaron un  $n=9$  por tratamiento para cada muestreo. Todas las hojas fueron separadas individualmente de las plantas y colocadas sobre un soporte plano, encima de las hojas se colocó una lámina acrílica para aplanarlas por completo. Se tomaron tres imágenes digitales con una cámara web Logitech®, fijadas e inmovilizadas sobre un soporte vertical a un metro de distancia de las muestras aplanadas. Las imágenes digitales se procesaron en un integrador digital de área foliar desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, Zacatecas) para obtener el área foliar de cada muestra. Los resultados se expresaron como valores medios  $\pm$  error estándar (SE). El análisis estadístico se completó con el análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias se consideraron significativas si el valor de probabilidad era  $< 0.05$  ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey. Los datos se analizaron utilizando el programa JMP versión 5.0.1.

## Resultados y discusión

Para ambas variedades de frijol común, el área foliar tendió a aumentar debido a la inoculación con la cepa de *Alternaria*. Sin embargo, se observó una tendencia diferente entre Negro Zacatecas y Flor de Mayo Narro (Figura 1). La primera inoculación con la suspensión de esporas fúngicas se programó en V1 para los tratamientos T1 y T3, dicha etapa vegetativa se alcanzó a los 20 DDS, mientras que T2 y el grupo control de plantas no fueron inoculadas. No se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en esta variable de respuesta para ambos cultivares en el primer muestreo destructivo a los 13 días después de la inoculación de la planta.



No obstante, el área foliar de las plantas de T1 y T3, registradas a partir del segundo muestreo, fue significativamente diferente a las plantas T2 y testigo del cultivar Negro Zacatecas, con un incremento de 97 % y 64 % para T1 y T3 respectivamente, en comparación con las plantas control. Por el contrario, Flor de Mayo Narro no mostró diferencias significativas en el segundo muestreo. Al inocular en R1 de la etapa reproductiva (T2 y T3), el área foliar de las plantas de Negro Zacatecas de T2 comenzó a aumentar a un nivel similar al de las plantas previamente inoculadas, con un aumento de 2.2 veces en comparación con las plantas de control del tercer muestreo. Por su parte, aunque el área foliar de las plantas inoculadas de Flor de Mayo Narro fue mayor que las plantas testigo, no se observaron diferencias estadísticas al inocular en V1, R1 o ambas etapas con la cepa. Finalmente, en el cuarto muestreo (60 DDI), los resultados mostraron que mientras el área foliar de las plantas de Negro Zacatecas de T1 disminuyó, se registró un aumento de 1.16 y 1.08 veces para T2 y T3 en comparación con los valores del tercer muestreo. En contraste, las plantas T2 Flor de Mayo Narro presentaron una disminución del 35%, sin embargo, esta disminución no implicó una importancia estadística. En general, los resultados muestran claramente que cuando se inoculan plantas de frijol común con una suspensión de esporas de hongos, la tendencia en el área foliar se diferenciará por el genotipo del cultivar.

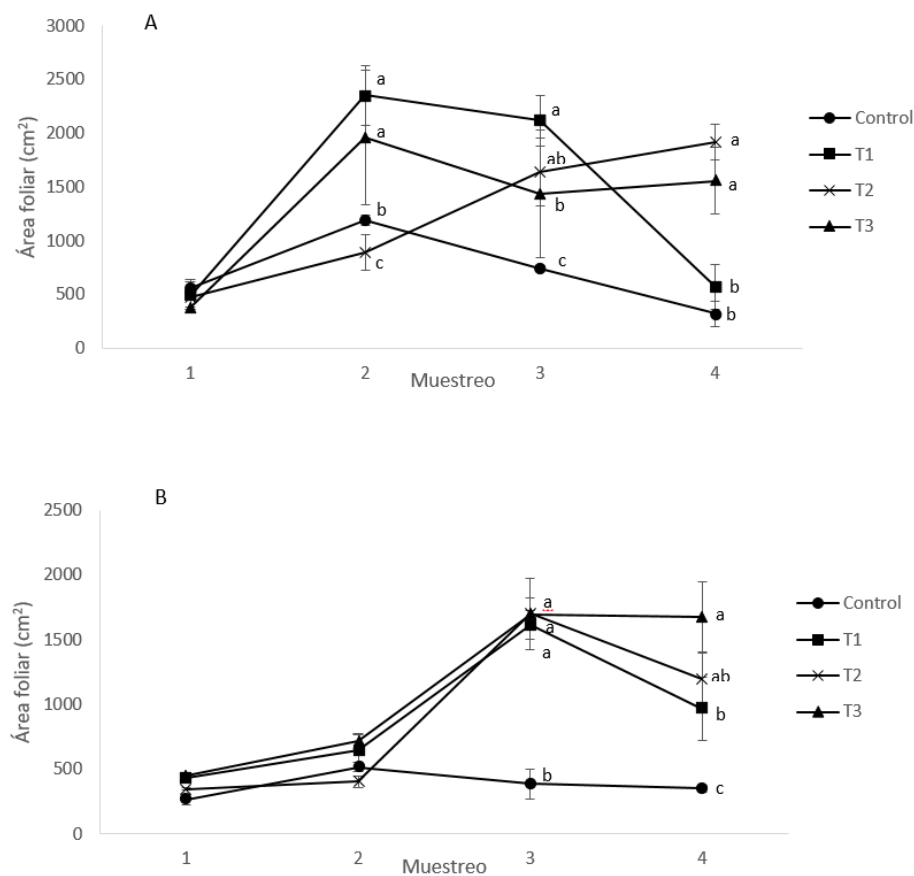


Figura 1. Área foliar de A) Negro Zacatecas, B) Flor de Mayo Narro.



En general, la inoculación con la cepa de *Alternaria* mejoró apreciablemente el área foliar, esto es importante ya que existe poca información sobre el efecto de una cepa fúngica en esta variable de respuesta de las plantas de frijol común. Algunos estudios han demostrado un aumento importante en el área foliar total de diferentes especies de plantas por efecto de una diversidad de hongos promotores del crecimiento, como *Trichoderma* spp. en *Zea mays* (Vergara et al., 2019), *Funneliformis mosseae* y *Paraburkholderia graminis* C4D1M en *Solanum lycopersicum* L. (Caradonia et al., 2019) y *Glomus manihotis* en *Musa acuminata* (Rodríguez-Romero et al., 2005). Como se mencionó anteriormente, el efecto de *Alternaria* sobre el área foliar las dos variedades de frijol común se diferenció por el genotipo del cultivar, por lo tanto, el momento de la inoculación. Según Afandhi et al. (2019), los factores biológicos de interés que pueden abordarse experimentalmente para dilucidar los resultados observados incluyen la cepa o aislado fúngico y la concentración del inóculo, así como la especie de cultivo o cultivar, que puede comprender las condiciones de crecimiento y la edad de la planta durante las inoculaciones.

## Conclusiones

La presente investigación, brinda información valiosa sobre el efecto de la cepa bioestimulante empleada y su efecto sobre el área foliar de plantas de frijol. Esto demuestra que al existir una clara diferenciación entre la variedad de frijol y la edad en la que fueron inoculadas sobre esta variable respuesta, el efecto sobre otros parámetros agrícolas es de esperarse. Se requiere estimar el rendimiento del grano para proponer esta cepa como promotora de crecimiento con capacidad de incrementar la productividad.

## Referencias

- Barrios, E., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* 64, 269-285.
- Caradonia, F., Francia, E., Morcia, C., Ghizzoni, R., Moulin, L., Terzi, V., Ronga, D. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria avoid processing tomato leaf damage during chilling stress. *Agronomy* 9, 299.
- Den Herder, G., Van Isterdael, G., Beeckman, T., De Smet, I. 2010. The roots of a new green revolution. *Trends in Plant Science* 15, 600-607.
- López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., Herrera-Estrella, A., 2015. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia horticultrae* 196, 109-123.
- Ortíz-Castro, R., Contreras-Cornejo, H.A., Macías-Rodríguez, L., López-Bucio, J. 2009. The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signal Behav.* 4: 201-712.
- Parsa, S., García-Lemos, A.M., Castillo, K., Ortiz, V., López-Lavalle, L.A.B., Braun, J., Vega, F.E. 2016. Fungal endophytes in germinated seeds of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Fungal Biology* 120, 783-790.
- Rodríguez-Romero, A.S., Piñero Guerra, M.S., Jaizme-Vega, M.D.C. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on banana growth and nutrition. *Agronomy for Sustainable Development* 25, 395-399.
- Vergara, C., Araujo, K.E.C., Souza, S.R.d., Schultz, N., Jaggin Júnior, O.J., Sperandio, M.V.L., Zilli, J.É. 2019. Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 54.





## DIFERENCIA EN CRECIMIENTO DE PINTO SALTILLO Y PINTO SAN RAFAEL EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA

Nadiezhdá Ramírez-Cabral\*<sup>1</sup>, José Ángel Cid Ríos<sup>1</sup> y Manuel Reveles Hernández<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Carretera Zacatecas-Fresnillo km. 24.5. CP. 98500. \*Autor de correspondencia: ramirez.nadiezhdá@inifap.gob.mx

### Introducción

Los cálculos recientes de las Naciones Unidas y los pronósticos de crecimiento poblacional, predicen un aumento de 10 000 millones de habitantes para el año 2050. Uno de los retos será alimentar a la creciente población con los mismos recursos, en particular, la misma superficie agrícola, debido a lo anterior, se prevé que para el 2050 sólo habrá comida suficiente para satisfacer las necesidades del 50% de la población (Urquidí, 2005).

Por otro lado, la siembra del frijol, tradicionalmente, se estableció en hileras y con distintas separaciones, conforme a los distintos tipos de suelo y a los instrumentos de trabajo, dando origen a los sistemas de siembra propiamente dichos. En el cultivo del frijol se reconocen diferentes sistemas de siembra, dentro de ellos se encuentran: siembra en surcos, siembra en plano, siembra acostado, siembra al fondo del surco, siembra a doble hilera, siembra en camas con tres hileras y siembra en camas con cuatro hileras. Ésta última se recomienda solamente para variedades de tipo erecto o guía corta, cuando se han sembrado frijoles con guía larga, bajo este sistema, no se logra buen desarrollo de la planta y el número de vainas se ve reducido, provocando un mayor desarrollo vegetativo, pero no de grano, lo que conlleva a una reducción en la producción (Serrano y Mondragón, 2010).

El principal beneficio de la siembra en camas en hileras múltiples es que ha permitido un mayor rendimiento de grano, por ejemplo, en siembras de tres hileras (40 cm entre hileras) se ha obtenido un incremento de cerca del 29% y en siembras con seis hileras (a 20 cm) se obtuvo hasta un 41% con respecto a la siembra tradicional (Garibaldi et al., 2021). Además, tomando en cuenta que la agricultura es la base del desarrollo de las civilizaciones, y alcanzar la autosuficiencia alimentaria es el principal reto que enfrentan los países en vías de desarrollo para asegurar alimento para su población (Leiva, 2014). Tomando en cuenta todo lo anterior, el objetivo de esta investigación fue observar las diferencias en altura de dos variedades de frijol tipo pinto: Saltillo y San Rafael bajo dos sistemas de siembra, hilera sencilla y en cuatro hileras o también llamado camas.

### Materiales y métodos

Los trabajos de investigación se realizaron dentro del Campo Experimental Zacatecas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Municipio de Calera, estado de Zacatecas, México, entre los 22° 54' 10" de latitud norte y los 102° 29' 28" longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 2198 m.



La siembra se estableció el 16 de mayo del 2022 bajo un sistema de riego por goteo. Las variedades que se evaluaron fueron: Saltillo y San Rafael (ambas de frijol tipo pinto) mediante un arreglo en fajas, en dos sistemas de producción. El primer sistema fue en hilera sencilla 0.76 m entre surcos y el segundo sistema fue en camas de 1.52 m, con cuatro hileras con distanciamiento entre ellas de 30 cm. Para ambos sistemas de producción el distanciamiento entre plantas fue de 10 cm, lo equivalente a 131,000 y 244,000 mil plantas por hectárea, respectivamente.

Para el primer sistema se utilizó una cintilla por surco y dos cintas de riego por goteo en el sistema de camas, donde la cintilla utilizada fue de flujo alto, calibre 6000 con 20 cm de distancia entre cada gotero. Se aplicaron catorce riegos, con un promedio de duración de cuatro horas. La fertilización química utilizada para ambos sistemas de producción fue 50-60-30 (nitrógeno, fósforo y potasio) respectivamente, misma que fue aplicada en la primera escarda para cada sistema de siembra.

Se realizaron cinco muestreos comprendidos entre el 30 de junio y el 4 de agosto. En cada variedad y en cada sistema de siembra se realizaron seis sub muestreos completamente al azar, cada muestreo constó de cinco plantas consecutivas con competencia completa, donde se utilizó la metodología propuesta por (Lescay et al., 2017), donde se determinó la altura desde la superficie del suelo hasta la yema terminal y cobertura, esta medida fue determinada con una regla.

En el último muestreo se contabilizó también el número de vainas por planta, bajo el mismo esquema. Se obtuvieron las medias de los muestreos y se analizó y gráfico el comportamiento de las diferentes variedades y sistemas de siembra.

## Resultados y discusión

La altura de las plantas en los diferentes sistemas y variedades no se comportó de manera uniforme, no entre variedades ni entre sistemas. Las  $R^2$  de las líneas de tendencia fueron muy bajas con valores pequeños como  $R^2 = 0.0154$  (siembra en camas con pinto Saltillo) el mayor valor fue de  $R^2 = 0.6898$  (siembra en camas con San Rafael). No se observó alguna tendencia en el comportamiento de altura de la planta. Lo anterior se puede deber a un error de muestreo como ocurre al realizar muestras en campo (Rossello & Fernández, 1993).

Las siembras en hilera sencilla, así como la siembra en camas con pinto San Rafael, tuvieron su punto máximo de crecimiento en el tercer muestreo, cayendo levemente los valores en los muestreos subsecuentes (Figura 1). La siembra en camas con pinto Saltillo variedad tuvo su mayor valor en el último muestreo, sin embargo, en el resto de las fechas los valores fluctuaron incrementando y posteriormente, decrementando (Figura 1). Esto pudo deberse a que la planta alcanzó su altura máxima a mitad de los muestreos y por el peso de las hojas y vainas la altura disminuyó por ser una variedad de tipo erecto y guía corta (Serrano & Mondragón, 2010).



Tomando en cuenta el primer muestreo y el último, los incrementos fueron de 16%, 5%, 10.4% y 23% en los sistemas de hilera sencilla, saltillo; camas, saltillo; hilera sencilla, san Rafael y camas, san Rafael; respectivamente.

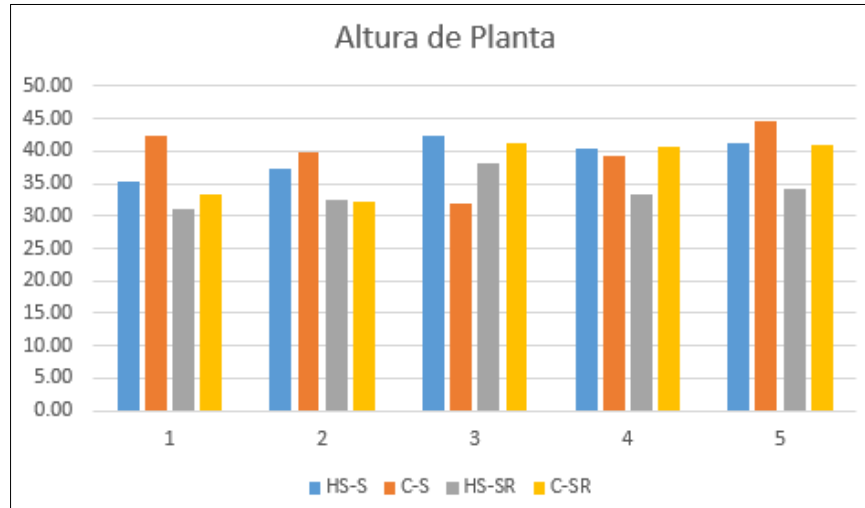


Figura 1. Promedio de cinco muestreos de altura (en centímetros) realizado en dos sistemas de siembra (hilera sencilla y camas) con las variedades de pinto Saltillo y pinto San Rafael.

En el último muestreo se contabilizaron el número de vainas por planta. El sistema de hilera sencilla con pinto Saltillo obtuvo el número más bajo con 5 vainas por planta en promedio, seguido por el sistema de camas de la misma variedad con un promedio de 10 vainas por planta, es decir el número de vainas se duplicó al modificar el sistema de siembra. En la variedad San Rafael, la hilera sencilla tuvo en promedio 12 vainas por planta y en camas aumentó hasta 18 vainas por planta, lo que representa un incremento del 50% (Figura 2).

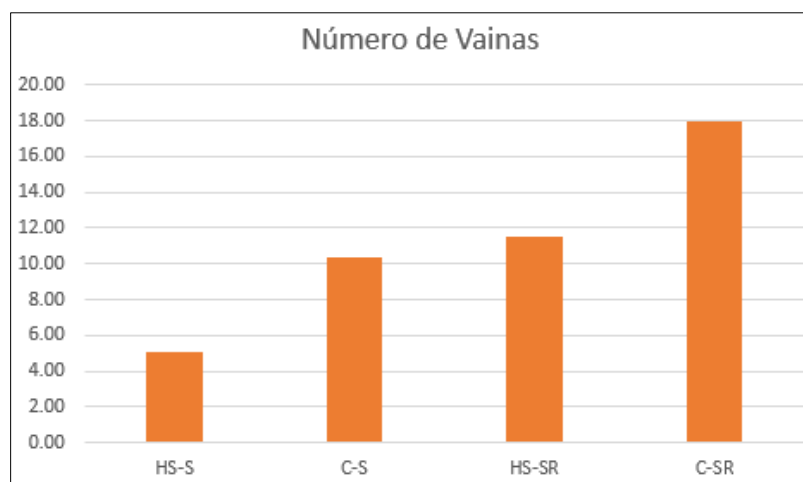


Figura 2. Promedio de número de vainas por planta en el último muestreo realizado en dos sistemas de siembra (hilera sencilla y camas) con las variedades de pinto Saltillo y pinto San Rafael.



Lo anterior se puede explicar porque en la siembra en camas, al haber mayor densidad, menos espaciamiento, el follaje del cultivo cubre el suelo rápidamente, conservando la humedad y aprovechando en mayor medida la energía solar, lo que tiene varios beneficios como como inhibir el desarrollo de malezas, por la planta no tiene competencia directa y puede aprovechar todos los recursos disponibles para su crecimiento y desarrollo (Arellano et al., 2015).

Sin embargo, al ser datos preliminares de un único muestreo se deben tomar con cautela, ya que en Reveles y colaboradores (2019) encontraron que la producción de grano en el sistema de camas no aumentaba significativamente en comparación con la hilera sencilla, el trabajo fue realizado con las mismas variedades que este estudio; los resultados de Reveles et al., muestran datos hasta cosecha, lo que no se reporta en este escrito.

## Conclusiones

No se establecieron diferencias entre sistemas de siembra ni entre variedades para la variable altura. La variable promedio de número de vainas por planta mostró un incremento en el sistema de camas, sin embargo, éste fue un único muestreo y no son datos que se hayan llevado hasta cosecha de grano por lo que es necesario repetir el experimento incrementado el número de muestreos en futuras investigaciones.

## Referencias

- Arellano, A. S., Osuna, C. E. S., Martínez, G. M. A., y Reyes, M. L. (2015). Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol bovino en condiciones de secano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(3), 313-318.
- Garibaldi, M. F., Martínez, R. E., García, H. R. U., y Galindo, R. M. A. (2021). Sembradora para distribuir semillas a cuatro hileras en camas y captar agua de lluvia. *Ing. Agric. Biosist.* Vol. 12. No. 1
- Leiva, S. C. (2014). La agricultura y la ciencia. *Idesia*. Vol. 32. No. 3
- Lescay, B. E., Vázquez, R. Y. y Celeiro, R. F. (2017). Variabilidad y relaciones fenotípicas en variables morfoagronómicas en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Centro Agrícola*. 44: 58:64
- Reveles, H. M., Cid, R. J. Á., y Ramírez-Cabral, N. (2019). Componentes de rendimiento de dos variedades de frijol en dos sistemas de siembra con riego por goteo en Zacatecas. In *IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas* (p. 193).
- Rosselló, E. J. M. y Fernández, de G. M. (1993). *Guía técnica para ensayos de variedades de campo*. ONU. FAO
- Serrano, C. L. M. y Mondragón, P. G. (2010). Los sistemas de siembra del frijol en México. *Agro Productividad*. Año 3. No. 3.
- Urquidí, V. L. (2005). Perspectivas de la población mundial. *Estudios demogr. Urbanos*. Vol. 20 , No. 1



## ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA EN CULTIVO FORRAJERO, CON EL USO DE RPAS Y SENSOR MULTIESPECTRAL.

Enrique Miguel Valle<sup>1,2</sup>, Ramón Trucíos Cacicano<sup>2</sup>, Yenifer Moreno Sepúlveda<sup>1-2\*</sup>, Juan Estrada Avalos<sup>2</sup>, Aldo Rafael Martínez Sifuentes<sup>2</sup> y Arturo Reyes González<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón, Carr. Torreon-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México C.P. 27170 <sup>2</sup>CENID RASPA-INIFAP, Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. <sup>3</sup>INIFAP La Laguna Boulevard Jose Santos Valdez 1200 Pte. C.P. 27440, Matamoros \*Autor de correspondencia: yenimosep2795@gmail.com

### Introducción

La estimación de la evapotranspiración desde el punto de vista agronómico es un componente fundamental del balance hídrico de los cultivos, además de ser un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmosfera (Domingo et al., 2003). Es fundamental para realizar una programación de los riegos promover el uso eficiente de nuestro recurso hídrico. El procedimiento  $Kc_{NDVI}^*$  ETo basada en teledetección deriva el valor de Kc desde las imágenes multiespectrales (Calera et al., 2005). El uso de herramientas de sensoria remota son cada vez más utilizados, ya que sirven como plataforma operativa, basada en una amplia evidencia experimental, lo que permite generalizar la aplicación precisa basada en el procedimiento.

### Materiales y métodos

**Área de estudio.** El presente trabajo se realizó en instalaciones del Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria, establecido en el municipio de Matamoros Coahuila México. Ubicado geográficamente en las coordenadas 25° 31'55.89" de latitud norte y 103°14'36.18" de longitud oeste a una altura a nivel del mar de 1116 msnm. El trabajo se realizó en lotes de 3x4 metros distribuidos en 20 lotes por, tratamiento, con aplicación del 60%, 80% y 100% de la demanda hídrica del cultivo, además de un lote con riego rodado, dando un total de 80 lotes. El trabajo se estableció en el ciclo de primavera, considerando una fecha de siembra del 14 de abril y una fecha de corte del 28 de julio del año 2022, el riego por goteo con separación entre gotero de 20cm.

**Planeación de vuelo.** La planeación de vuelo consistió en definir la región de interés y los parámetros de vuelo para la adquisición de las imágenes, esta actividad se realizó en el software eMotion 3.5, cubriendo un área de 1.2 ha<sup>-1</sup>, con un tiempo de vuelo de 00:02:04 minutos, resolución de 11 cm/px, solape lateral de 60%, solape longitudinal de 80%, altura de vuelo de 116.7 metros, lo que permitió obtener un total de 34 imágenes.



**Recolección de datos.** La recolección de datos con RPAS consistió en la captura de imágenes aéreas a lo largo de una ruta de vuelo que es ajustada a parámetros previamente definidos (Escalante, 2016). Se realizó mediante un dron “eBee clásico” de ala fija el cual tiene un peso de 1.1 kg, con un alcance de radio enlace de 3 km, con cobertura de vuelo a 120 m de altura de 220ha<sup>-1</sup> y una resistencia al viento de 12 m/s, con precisión de aterrizaje automático en aterrizaje lineal de 5 m, con precisión absoluta en “X”, “Y”, “Z” GCPs (puntos de control) de 3 a 5 cm.

**Generación de orto mosaico.** El mosaico de las imágenes multiespectrales se realizó utilizando el software eMotion 3 para etiquetar geográficamente cada una de las imágenes utilizando los archivos bb3 del RPAS los cuales contienen datos GPS (Fig. 1 a). El software pix4D fue utilizado para generar el mosaico una vez etiquetadas geográficamente las imágenes, con este software se obtuvo la reflectancia de cada una de las bandas del sensor, así mismo se obtuvieron los índices de vegetación (Fig. 1 b).

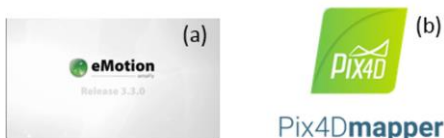


Figura 1. Software para etiquetado de imagen geográficamente (a), software mosaico en °C (b).

**Determinación del índice de diferencia normalizada (NDVI).** La determinación del Índice de vegetación se realizó mediante el software Pix4D el cual genera información de reflectancia de las 4 bandas del sensor multiespectral, para generar de manera automática el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), para 7 fechas, con la finalidad de monitorear el desarrollo del cultivo de maíz. El NDVI se desarrolló para optimizar la señal de vegetación ya que la reflectancia proporciona información de la composición de la superficie con imágenes visibles e infrarrojas debido a la magnitud del vigor de la vegetación. (Rouse et al., 1974).

**Obtención de coeficiente de cultivo Kc.** De acuerdo con la FAO 2006, la estimación espacial de la evapotranspiración, consiste en derivar a través de técnicas de teledetección la clasificación de cultivos para estimar la ETr, de tal manera que es necesaria la obtención del coeficiente del cultivo (Kc), una alternativa para la estimación del Kc es derivarlo de relación empíricas mediante índices de vegetación ya que el valor del Kc depende de las condiciones climatológicas que prevalezcan en el sitio de estudio y etapa de crecimiento del cultivo (Ramírez, 2014).

La función que se propuso para la relación entre el coeficiente de cultivo Kc y el NDVI ha sido ampliamente validada en cultivos herbáceos como trigo, cebada, maíz, algodón y girasol, que en su fase de máximo desarrollo alcanzan cobertura completa (Calera & Gonzalez, 2007).

$$kc = 1.15NDVI + 0.17$$



**Determinación de ETo.** La evapotranspiración de referencia se obtuvo de la estación meteorológica ubicada en el Campo Experimental La laguna, en Matamoros Coahuila en las coordenadas 25° 31'55.89" de latitud norte y 103°14'36.18" de longitud oeste y se encuentra dentro de la Red de Estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria (INIFAP), donde se obtuvieron los valores de ETo de manera directa ya que relaciona las variables de radiación solar, velocidad del viento y temperatura media mediante el método propuesto por Penman Monteinth.

El método FAO Penman-Monteih fue desarrollado haciendo uso de la definición de cultivo de referencia cómo un cultivo hipotético de pasto, con una altura de 0.12 m, con una resistencia superficial de 70 s m<sup>-1</sup> y un albedo de 0.25 y que representa a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activa y adecuadamente regado (Allen et al., 1994; Allen et al., 2005).

El método FAO Penman-Monteih (1990) para estimar ETo, es obtenida de la ecuación original de Penman-Monteih y las ecuaciones de resistencia aerodinámica y superficial (Allen et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_b)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

Dónde: ETo es la evapotranspiración de referencia (mm d<sup>-1</sup>), Rn es la radiación neta en la superficie de la planta (N.J m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>), G es el flujo térmico del suelo (M.J. m<sup>-2</sup> .d<sup>-1</sup>), T temperatura media (°C), U<sub>2</sub> es la velocidad del viento medida a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>), (e.a - e.b) es el déficit de la presión de vapor (K.Pa), Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (KPa °C<sup>-1</sup>) y γ es la constante psicométrica (KPa °C<sup>-1</sup>)

**Estimación de la evapotranspiración real (ETc).** La técnica que se empleó para la estimación de la ETc del cultivo forrajero, fue la denominada Coeficiente de cultivo x evapotranspiración de referencia (Kc\*ETo) la cual es descrita manera detallada en el manual de la FAO-56 2006.

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Dónde: ETc es la evaporación real en mm dia<sup>-1</sup>, ETo es la evapotranspiración de referencia en mm dia<sup>-1</sup> y Kc es el coeficiente del cultivo (adimensional) (Allen et al., 2006).

## Resultados y discusión

El arreglo topológico quedó distribuido como se muestra en la figura 2, empezando de la orientación este a oeste con el tratamiento de 60% de la demanda hídrica del cultivo.



Figura 2. Arreglo topológico en el área de estudio

**Planeación de vuelo.** La recopilación de los datos espacio temporales se desarrollaron bajo las siguientes características que se muestran en la (Fig. 3), se consideraron una resolución de 11 cm/px, altura de 106.7 m, cubriendo un área total de vuelo de 1.2 ha<sup>-1</sup> con una duración de 2:04 minutos.

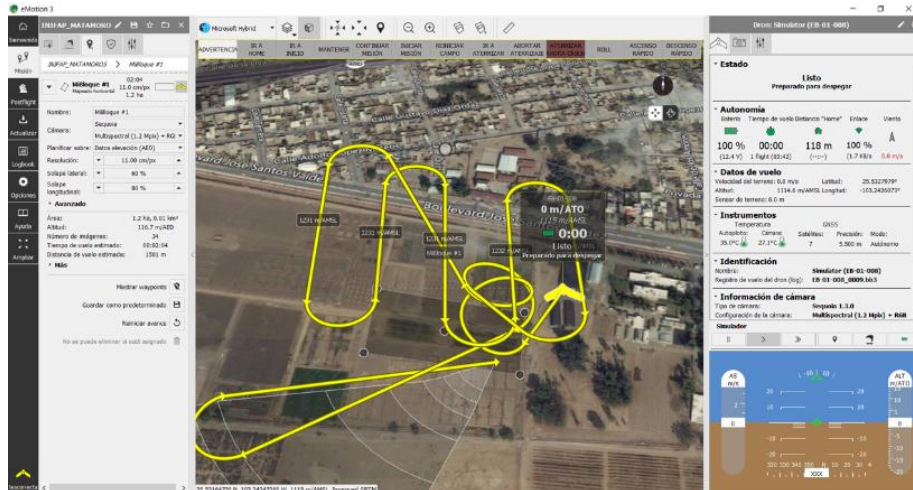


Figura 3. Características de vuelo en área de estudio.

Se realizó un total de 7 vuelos en un horario de 09:00 am a 03:00 pm con las características que muestra en cuadro 1, durante el establecimiento del cultivo forrajero en el ciclo de primavera del año 2022.





Cuadro 1. Características de vuelo y número de vuelos.

Fecha de vuelo	Hora de vuelo	Sensor Sequoia	Características de vuelo	
			CM/PX	Altura de vuelo
28/04/2022	09:15	X	11	130
10/05/2022	02:00	X	11	130
24/05/2022	02:30	X	11	130
07/06/2022	12:40	X	11	130
21/06/2022	02:27	X	11	130
05/07/2022	02:07	X	11	130
19/07/2022	02:06	X	11	130

La estación meteorológica determina automáticamente la ETo mediante la ecuación de FAO-Penman - Monteith, el cual es el método más complejo, pero más preciso y es considerado como el método estándar para el cálculo de la ETo (Allen et al., 1998; Ramos et al., 2018). En el cuadro 2 se presenta la ETo promedio diaria obtenida para cada fecha del vuelo realizado.

Cuadro 2. Evapotranspiración de referencia (ETo) obtenida de estación meteorológica automatizada cercana al área de estudio.

Fecha	DDS	ETo mm/día	DJ
28/04/2022	17	7.44	118
10/05/2022	29	7.74	130
24/05/2022	43	7.77	144
07/06/2022	57	9.04	158
21/06/2022	71	9.45	172
05/07/2022	85	9.12	186
19/07/2022	99	8.54	200

**Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).** El NDVI nos permite obtener una descripción de desarrollo de cultivo a lo largo del ciclo de crecimiento; además, proporciona información espacial de la cubierta, la cual puede estar sujeta a cambios que puede ser detectada. En la figura 4 podemos observar la distribución temporal del NDVI del cultivo establecido.

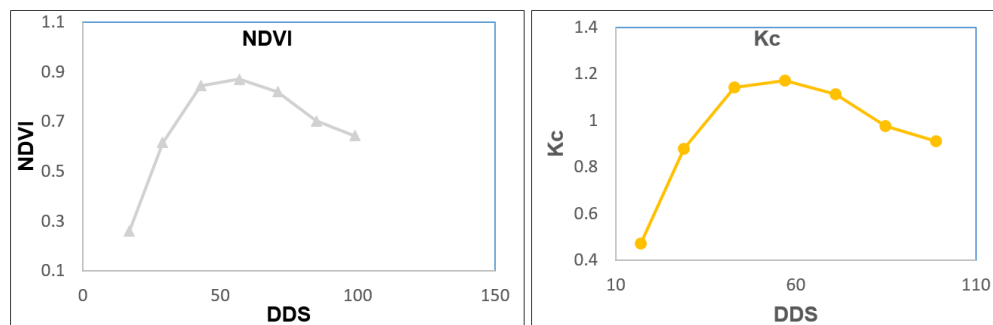


Figura 4. Distribución temporal del NDVI y Kc de cultivo forrajero.



**Evapotranspiración acumulada.** En la figura 5 se puede observar la demanda hídrica que se estimó para cada tratamiento al aplicarle el 60 % de su consumo, podemos observar que la demanda oscila entre los 700 a 900 mm, siendo superiores a los reportados por Delgado (2019) con consumos de 364 mm utilizando esta misma metodología con sistema de válvulas alfalferas.

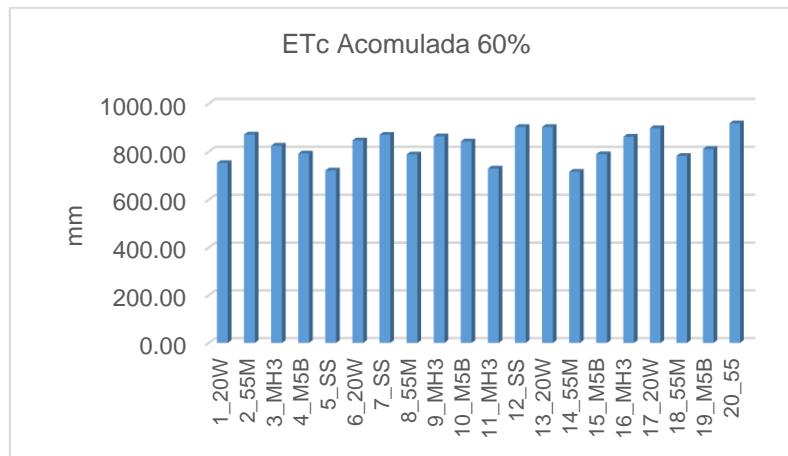


Figura 5. Evapotranspiración acumulada estimada mediante la metodología de doble paso.

## Conclusiones

En base a los resultados, es factible utilizar el método de dos pasos para estimar la evapotranspiración de cultivo acumulada de los cultivos forrajeros, que se establecen en los ciclos agrícolas. Obteniendo esta información podemos obtener una eficiente gestión del recurso agua en la agricultura.

## Referencias

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56 FAO." Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Allen G R., L S Pereira., D Raes and M Smith. (2006). "FAO Irrigation and Drainage Paper No.56. Crop Evapotranspiration". (IN LINE) <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf> (November 2017)
- Calera, A., Campos, I., & Garrido, J. (2016). Determinación de las necesidades de agua y de riego mediante estaciones meteorológicas y series temporales de imágenes multispectrales. Sección de Teledetección y SIG. Universidad Castilla La Mancha, España.



## EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA *IN VITRO* DE CUATRO ESPECIES ARVENSES EN EL CONTROL DE MOSCA BLANCA (*Bemisia tabaco* MEAM1)

Luis Gerardo Espinoza-Barajas<sup>1\*</sup>, Fabian García-González<sup>1</sup>, Urbano Nava -Camberos<sup>2</sup>, Jorge A. Zeigbe-Dominguez<sup>3</sup>, Claudio Ríos-Velasco<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo., Méx. <sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo., Mex. <sup>3</sup>Campo Experimental Zacatecas. INIFAP, México. <sup>4</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Cuauhtémoc, Chihuahua, Mex. \*Autor de correspondencia: luisgeb521@gmail.com

### Introducción

La mosca blanca [*Bemisia tabaci* MEAM1 (Gennadius, 1889)], es uno de los insectos plaga más prolíficos debido a que puede tener una gran diversidad de cultivos a los que ataca (Abubakar et al., 2022). Las moscas blancas se caracterizan por sus altas densidades de población (Pacheco-Covarrubias et al., 2015) y por transmitir virus que afectan directamente a la producción de cultivos de importancia como el melón, sandía, calabacín, ajonjolí, soya, tomate, entre otros (Ortega-Arenas, et al., 2008). En la actualidad existe gran cantidad de métodos de control para este insecto (Jimenez-Martinez et al., 2019), pero sin embargo han tenido poca eficacia o son costosos. Uno de los métodos más utilizados es el control químico con sustancias de origen sintético. El cual es un método de control predilecto debido a su alta eficacia. Sin embargo, los insecticidas de origen sintético afectan al ser humano y a las poblaciones de insectos benéficos y polinizadores (Ansari et al., 2014; Lopez-Osorio et al., 2020). Algunos de los residuos de estos productos se pueden encontrar la miel de abeja o algunos frutos después de cosechados (Zhang et al., 2019). Como alternativa se han propuesto algunos productos de origen natural como el neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). También se han probado plantas como *Allium sativum*, *Apiaceae Cumin*, *Cuminum cyminum*, *Yucca schidigera*, *Agave lechuguilla*, *Tagetes erecta*, *Cucurbita foetidissima*, *Ricinus communis*, *Jatropha dioica*, *Piper nigrum*, *Nicotiana glauca* (Guerra et al., 2020) Estas plantas actúan en las plagas debido principalmente a los metabolitos secundarios que segregan, tales como, limonoides, fenoles, terpenos, diterpenos, taninos, saponinas, etc (Loganathan et al., 2021). Muchos de los metabolitos secundarios que contienen las plantas de las zonas áridas son poco conocidos y además podrían ser una buena oportunidad para ser un método de mosca blanca. La baja toxicidad de estos extractos vegetales los hace más favorables para el uso en agricultura orgánica (Durán-Lara et al., 2020). Es por lo que el objetivo de este estudio fue realizar una caracterización fitoquímica cualitativa de *Solanum elaeagnifolium* Cav. 1749, *Datura sp.* L., *Salsola kali* L. 1753 y *Amaranthus palmeri* S. Wats, además de determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) en ninfas de mosca blanca en condiciones *in vitro*.



## Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria en Zonas Áridas. Se estableció un cultivo de melón de la variedad TopMark, con la finalidad de tener hojas infestadas con ninfas en el periodo de primavera verano del 2022.

**Colecta de plantas.** Se colectaron y lavaron diversas arvenses *S. elaeagnifolium* Cav. 1794, *S. kali*, *Datura sp.* L., y *A. palmeri* S. Wats. Las plantas fueron secadas por más de 10 días en sombra para obtener un secado uniforme y evitar que pierdan propiedades por la presencia de la luz UV (Müller-Joachim & Heindl, 2006). Posteriormente las plantas fueron divididas en diferentes partes (raíz, tallo, hoja) y además se molió planta completa. Se realizaron extractos acuosos de diferentes partes de las plantas. Y se realizaron determinaciones cualitativas de fenoles, diterpenos, saponinas (Robles-García et al., 2016).

**Colecta de ninfas.** Se colectaron hojas de melón (*Cucumis melo* L.) infestadas con ninfas de (*B. tabaci* MEAM1 Gennadius 1889) de campo. Las cuales fueron colocadas en cajas Petri con algodón húmedo para evitar la desecación. Se contabilizó el número inicial de ninfas vivas con ayuda de un estereoscopio en una pulgada cuadrada previamente delimitada, posteriormente se marcó la cantidad en la superficie de la caja Petri para un mejor control. Los extractos acuosos fueron preparados a diferentes concentraciones para determinar la concentración respuesta. Para la preparación de los extractos acuosos se hirvió agua destilada, a la cual se aplicó una cantidad de extracto previamente molido en seco y se mantuvieron en reposo durante 24 horas. Se consideró como referencia que 1 mg de planta seca disuelta en un litro equivale a 1 parte por millón (ppm). Se diseñaron concentraciones desde 1, 10, 100, 1000, 10 000 y 100 000 ppm.

Para probar la respuesta de la mortalidad al extracto acuoso las ninfas fueron tratadas con una bomba aspersora manual de 1 litro de capacidad a la concentración previamente seleccionada en el intervalo de 1 a 100 000 ppm. Partiendo de estos resultados se formularon concentraciones de extractos acuosos de 10 000 hasta 100 000 ppm con intervalos de 10,000 ppm. Se contabilizó el número de total de ninfas vivas y posteriormente ninfas muertas a las 72 horas después de la aplicación del extracto acuoso.

**Análisis de datos.** Antes de evaluar, se obtuvo el logaritmo base 10 ( $\text{Log}_{10}$ ) de las concentraciones (10 000 – 100 000 ppm) y además el porcentaje de mortalidad de las ninfas por cada concentración. En base a los datos del porcentaje de mortalidad se obtuvieron los valores PROBIT de tablas, los cuales ya están previamente calculados.



Para el cálculo de la CL<sub>50</sub> se utilizó el método manual. Primero se obtuvieron los interceptos de la ecuación de regresión en la función de análisis de datos solver de Microsoft Excel®. Los datos introducidos en la función correspondían a los Log<sub>10</sub> de las concentraciones (X) y los datos PROBIT (Y) de cada porcentaje de mortalidad. De tal manera que:

$$Y = a + b(\text{Log}_{10} \text{ Conc.})$$

Una vez obtenida la ecuación se obtuvo el valor de X que corresponde a la CL<sub>50</sub> del tratamiento. Despejando la ecuación tenemos que:

$$X = \text{Antilog} \left[ \frac{Y - a}{b} \right]$$

Donde para la CL<sub>50</sub>, el valor de Y es igual a 5 unidades PROBIT.

## Resultados y discusión

Los resultados del cuadro 1, muestran que casi ninguna de las plantas en estudio contiene una presencia significativa de metabolitos secundarios relacionados a insectos. Cabe destacar que se eligieron estos compuestos metabolitos secundarios por estar asociados al control de insectos (Vázquez-Luna et al., 2017; War et al., 2020).

Cuadro 1. Evaluación cualitativa de fitoquímicos de extractos acuosos de plantas en estudio, Chapingo-URUZA, 2022.

Planta	Parte	Saponinas	Fenoles	Taninos	Diterpenos
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.1794	Fruto	++	++	+	+
<i>Datura sp.</i> L.		+	-	+	+
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. 1794	Planta completa	++	+	+	+
<i>Salsola kali</i> L. 1753		++	+	++	+
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson		++	++	+	+
<i>Datura sp</i> L		+	+	+	+
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. 1794	Hoja	++	++	+	+
<i>Salsola kali</i> L. 1753		++	++	++	-
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson		+++	++	+	+
<i>Datura sp</i> L		+	++	++	++
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. 1794	Tallo	++	+	-	+
<i>Salsola kali</i> L. 1753		++	+	+	+
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson		++	+	+	++
<i>Datura sp.</i> L.		++	-	+	-
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. 1794	Raíz	+	+	-	+
<i>Salsola kali</i> L. 1753		+	-	+	+
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson		+++	+	+	-
<i>Datura sp.</i> L.		++	-	+	-

(-) ausencia, (+) presencia débil, (++) presencia moderada, (+++) presencia significativa



Se debe mencionar que el uso de una sustancia en concentraciones bajas o moderadas no significa que sean efectivas en el control de plagas usando extractos acuosos, pues en la mayoría de los experimentos primero se extraen los metabolitos secundarios usando etanol, metanol o algún otro disolvente. Posteriormente los residuos son mezclados con agua y se asperjan a los insectos (Rathi & Al-Zubaidi, 2013; Guerra et al., 2020).

El cuadro 1 nos muestra la gran cantidad de compuestos que se pueden encontrar en plantas de las zonas áridas. Es interesante buscar otros usos alternativos a estas plantas, ya que todas ellas son clasificadas como malezas y representan un residuo para el producto.

**Resultados de las CL<sub>50</sub>.** Las concentraciones elevadas de extractos acuosos pueden ser explicadas por la alta resistencia que presenta mosca blanca a insecticidas (Cuadro 2). Solo para cultivo de melón existen más de 10 diferentes sustancias con diferente ingrediente activo para controlar a estos insectos (Naveen et al., 2017). Pero en respuesta a los diferentes componentes biológicos.

Cuadro 2. determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro arvenses en el control de ninfas de *Bemisia tabaci* MEAM1

Planta	Parte	CL50 (ppm)	Mortalidad Max. (%)
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.		459 290	22.5
<i>Datura sp. L</i>	Planta completa	394 539	21.7
<i>Salsola kali</i> L.		462 142	19.4
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Wats		364 934	20.5
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.		475 476	20.0
<i>Datura sp. L</i>	Raíz	794 333	15.9
<i>Salsola kali</i> L.		587 629	17.6
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Wats		1 034 585	12.3
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.		509 699	20.7
<i>Datura sp. L</i>	Tallo	441 807	23.1
<i>Salsola kali</i> L.		459 328	22.2
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Wats		369 533	19.6
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.		467 200	21.6
<i>Datura sp. L</i>	Hoja	400 103	25.0
<i>Salsola kali</i> L.		400 103	21.3
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Wats		381 372	20.8

Además, la resistencia de mosca blanca no solo está asociada a las prácticas en los cultivos hortícolas como el melón sino en algodónero. La resistencia en mosca blanca no es un tema nuevo pues se viene reportando resistencia a diversos insecticidas como el malatión, DDT, paratión, fentión desde los 80's (Prabhaker et al., 1985).



En cuanto a fenoles mosca blanca tiene un mecanismo desconocido para obtener genes de la planta que regulan producción de dichas sustancias. Cabe destacar que este fue el primer reporte de la transferencia horizontal de genes de una planta a un insecto. Esto le permite a *B. tabaci* MEAM1, Gennadius alimentarse de la planta, aun con metabolitos secundarios (Xia et. 2021). En el caso de saponinas Porras & Lopez-Avila, (2009), encontraron que había una buena respuesta a la concentración de 203 ppm de saponinas semi-puras obtenidas de la planta *Sapindus saponaria* L., la cual es muy rica en saponinas. Además, los métodos de obtención de estas sustancias fueron con etanol, agua destilada y al final alcohol isobutírico.

## Conclusiones

Las ninfas de mosca blanca pueden tolerar más de lo que se cree. Es por ello que se recomienda que cuando se realicen evaluaciones de extractos vegetales los resultados no se limiten a la obtención de los metabolitos mediante métodos que son viables *in vitro* mediante el uso de metanol, etanol, etc., pues estos métodos pueden ser menos viables en costo en caso de aplicarlos en campo. Además, se recomienda seguir evaluando la resistencia de mosca blanca a sustancias tóxicas. Las concentraciones obtenidas en partes por millón son demasiado elevadas para alcanzar un control del 50% de la población.

## Referencias

- Abubakar, M., Koul, B., Chandrashekar, K., Raut, A., & Yadav, D. (2022). Whitefly (*Bemisia tabaci*) Management (WFM) Strategies for Sustainable Agriculture: A Review. *Agriculture*, 12(9), 1317. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture12091317>
- Ansari, M. S., Moraiet, M. A., & Ahmad, S. (2014). Insecticides: impact on the environment and human health. In *Environmental deterioration and human health* (pp. 99-123). Springer, Dordrecht. DOI 10.1007/978-94-007-7890-0
- Jiménez-Martínez, E., & Balladares Balladares, J. (2019). Aplicaciones alternas de insecticidas químicos y botánicos para el manejo de mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius) y Geminivirus en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Tisma, Nicaragua. *La Calera*, 19(32), 33-40. <https://doi.org/10.5377/calera.v19i32.8438>
- Loganathan, T., Barathinivas, A., Soorya, C., Balamurugan, S., Nagajothi, T. G., & Jayakumararaj, R. (2021). GCMS Profile of Bioactive Secondary Metabolites with Therapeutic Potential in the Ethanolic Leaf Extracts of *Azadirachta indica*: A Sacred Traditional Medicinal Plant of INDIA. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 11(4-S), 119-126.
- López-Osorio, F., & Wurm, Y. (2020). Healthy pollinators: evaluating pesticides with molecular medicine approaches. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(5), 380-383.
- Naveen, N. C., Chaubey, R., Kumar, D., Rebijith, K. B., Rajagopal, R., Subrahmanyam, B., & Subramanian, S. (2017). Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. *Scientific reports*, 7(1), 1-15.
- Müller, Joachim & Heindl, A. (2006). Drying of medicinal plants. *Frontis*, 237-252.
- Ontiveros-Guerra, J. G., Chávez, E. C., María, Y., Fuentes, O., Flores, J. L., Uribe, L. A. A., & Juárez, A. H. (2020). Insecticidal activity of plant extracts against whitefly nymphs *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in laboratory. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 8, 595-599.



- Ortega-Arenas L. D., Fu-Castillo A. A. Luiz- Lourenção A., Rodriguez-Hernández C., Quevedo Fuji C. G., Garcia-Valente F. Arredondo-Bernal H. C., *et al.*, (2008). Moscas blancas: temas selectos sobre su manejo. Editorial Mundi-Prensa Libros. ISBN 978-968-7462-61-5
- Pacheco-Covarrubias, J.J., Soto, N.J. y Valenzuela, V.J.M. 2016. Densidad poblacional de mosca blanca *Bemisia* spp. (Hemiptera: Aleyroididae) en el valle de Guaymas-Empalme, Sonora, México. *Biotecnia*. 3: 9-13
- Rathi, M. H., & Al-Zubaidi, F. S. (2013). The effects of crude alkaloid extracted for Nerium oleander L. Leaves on biological performance of Bemisia tabaci Genn. (Homoptera: Aleyrodida). *Al-Qadisiyah Journal of Pure Science*, 18(1), 1-10.
- Robles-García, M. A., Aguilar, A. J., Gutiérrez-Lomelí, M., Rodríguez-Félix, F., Morales-Del-Río, J. A., Guerrero-Medina, P. J., ... & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2016). identificación cualitativa de metabolitos secundarios y determinación de la citotoxicidad de extractos de tempisque (*Sideroxylum capiri* pittier). *Sid. Biotecnia*, 18(3), 3-8.
- Vázquez-Luna A., Pérez-Flores L. & Díaz-Sobac R. (2007) biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. *Journal of Food*, 5:4, 306-313, DOI:10.1080/11358120709487705
- War, A. R., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ahmad, T., Nair, R. M., & Sharma, H. C. (2020). Plant defense and insect adaptation with reference to secondary metabolites. *In Co-Evolution of Secondary Metabolites* (pp. 795-822). Springer, Cham.
- Zhang, Q., Lu, Z., Chang, C. H., Yu, C., Wang, X., & Lu, C. (2019). Dietary risk of neonicotinoid insecticides through fruit and vegetable consumption in school-age children. *Environment international*, 126, 672-681.





## SEGUIMIENTO DE RIEGO A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES DE ALTA RESOLUCIÓN EN EL DISTRITO DE RIEGO 017

Yenifer Moreno Sepúlveda<sup>1</sup>, Enrique Miguel Valle<sup>1-2\*</sup>, Ramón Trucíos Caciano<sup>2</sup>, Juan Estrada Avalos<sup>2</sup>, Aldo Rafael Martínez Sifuentes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón - San Pedro de las Colonias Km 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coah. <sup>2</sup>CENID-RASPA INIFAP, km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. \*autor por correspondencia: enrique.miguel89@hotmail.com

### Introducción

El uso de nuevas tecnologías en la observación de la tierra ha contribuido a que millones de hectáreas puedan ser monitoreadas mediante imágenes obtenidas de sensores satelitales, haciendo más eficaz el seguimiento en campo (Ueno et al., 2005; Soria, 2004; Rudorff, 1990). Una imagen satelital, es el producto obtenido a través de la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste; producto que posteriormente se transmite a estaciones terrestres para su visualización, procesamiento y análisis (Guamán Chiluisa, 2018). La misión Copernicus Sentinel-2 comprende una constelación de dos satélites cuyo objetivo es monitorear la variabilidad en las condiciones de la superficie terrestre, con un tiempo máximo de revisita de 10 días cada satélite o en conjunto de 5 días, lo cual permite el seguimiento de los cambios en la superficie de la Tierra. Esta misión, proporciona información útil para las prácticas agrícolas y forestales, y además, para gestionar la seguridad alimentaria. Cuenta con 13 bandas multiespectrales, las cuales tienen una resolución espacial de hasta 10 m. Las imágenes de Sentinel-2 son de acceso libre (ESA, 2015). Por otra parte, PlanetScope, satélite lanzado por Planet, proporciona imágenes multiespectrales de 4 y 8 bandas con una resolución de 3.7 m y cuenta con un tiempo de revisita de 1 y 2 días (Planet Labs, Inc. 2022). Sin embargo, estas imágenes son costosas, lo cual puede hacerse inaccesible para la mayoría de los productores agrícolas. El objetivo del presente estudio fue monitorear el riego aplicado a una parcela ubicada en el Módulo de Riego Masitas del Distrito de Riego 017 Comarca Lagunera. El monitoreo se realizó a través de imágenes de satélite Sentinel-2 y PlanetScope, empleando la información del índice espectral NDVI.

### Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2022, en el módulo de riego Masitas perteneciente al Distrito de riego 017 ubicado en la Comarca Lagunera, en la parte suroeste del estado de Coahuila y el extremo noreste del estado de Durango, en la zona norte-centro de México, a 1100 m de altitud. La parcela estudiada cuenta con un área de 13.54 ha, en ella se estableció Maíz forrajero (*Zea mays* L.), con un sistema de riego aplicado con gravedad con agua de río. La parcela estudiada se monitoreó a través de recorridos de campo, en donde se registraron los datos relacionados con el cultivo establecido y sistema de riego, así como la identificación de etapas fenológica (Figura 1).

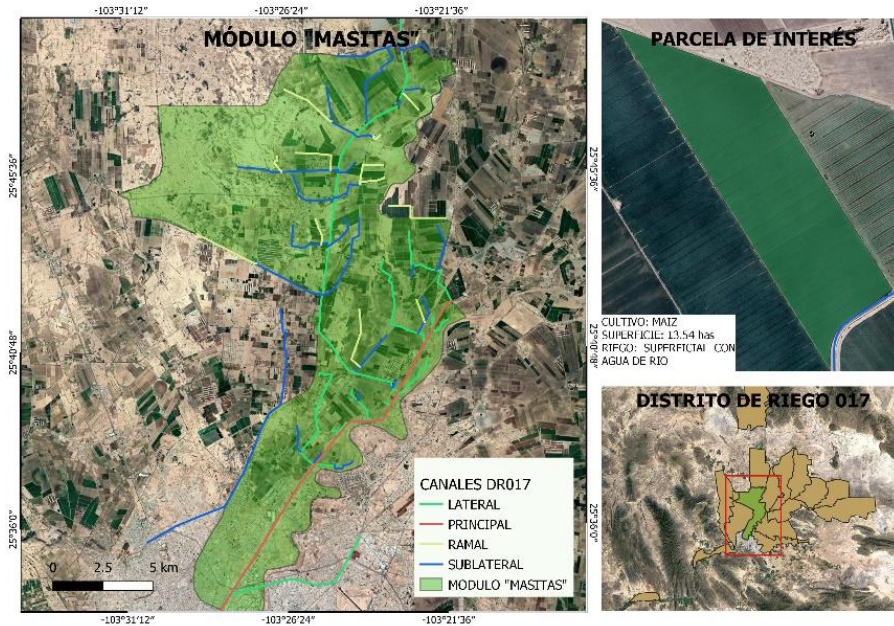


Figura 1. Localización del área de estudio.

Se descargaron de la página <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, 24 imágenes del satélite Sentinel-2, del 26 de febrero al 26 de junio del año 2022. Las imágenes seleccionadas tuvieron un máximo de 20% de nubosidad para observar cambios a lo largo del ciclo del cultivo. Las imágenes PlanetScope descargadas fueron seleccionadas para las mismas fechas de las descargadas con Sentinel-2, fueron un total de 63 imágenes descargadas de la plataforma de <https://www.planet.com/> (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fechas de imágenes utilizadas en este estudio, Sentinel-2 y PlanetScope.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Sentinel-2 (24)	26 (1)	08, 13, 18, 23, 28 (5)	02, 07, 12, 17, 22, 27 (6)	02, 07, 12, 17, 22, 27 (6)	01, 06, 11, 16, 21, 26 (6)
PlanetScope (63)	26, 28 (2)	1, 3, 4, 5, 8, 10,12,13,15, 16,19,20,23, 25,28,29 (16)	2,5,8,13,14,1 6, 17,19,21,23, 24, 25, 29 (13)	2,3,4,6,9,11,14, 16,22,23,25,26, 27,29,30,31 (16)	2,4,5,6,8,10,12, 13,15,16,18,20, 21,22,24,25 (16)

Se realizaron análisis geo-estadísticos de NDVI para la parcela en Sentinel-2 y PlanetScope, mediante el algoritmo Estadísticas de zona en el software QGis versión 3.16, este algoritmo calcula las estadísticas de una capa ráster para cada característica de una capa vectorial de polígonos superpuestos.



## Resultados y discusión

El análisis mediante estadísticas de zona de NDVI mostró el comportamiento del cultivo a lo largo del ciclo agrícola. En las imágenes, de ambos satélites, los valores del NDVI cambian en diferentes etapas del cultivo, desde la siembra hasta la última etapa fenológica del ciclo de producción. Los valores de NDVI obtenidos en Sentinel-2 fueron menores a los obtenidos con PlanetScope en todo el ciclo de cultivo. El rango de valores de NDVI, para Sentinel-2, fue de 0.1803 a 0.5400, mientras que para PlanetScope fue de -0.1675 a 0.9172. Como referencia, los valores de NDVI cubren un rango de -1 al 1, donde valores negativos corresponden a presencia de cuerpos de agua, valores cercanos al 0 representan suelos con baja cobertura vegetal y cercanos a 1 muestran la presencia de cobertura vegetal (Deering, 1978). Para una misma superficie, las imágenes de PlanetScope tienen mayor número de píxeles debido a que su resolución espacial es mayor, por lo tanto, se asume que tiene mayor precisión debido a que permite diferenciar la presencia del agua de riego a nivel parcelario, como el riego de aniego (Figura 2).

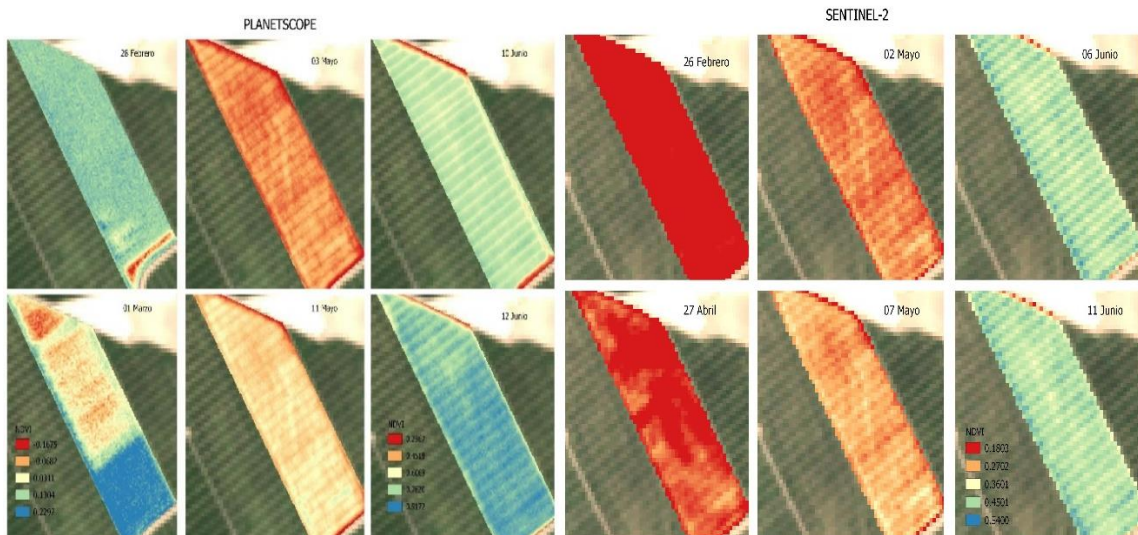


Figura 2. NDVI calculado en imágenes de PlanetScope y Sentinel-2, para diferentes fechas del ciclo de cultivo.

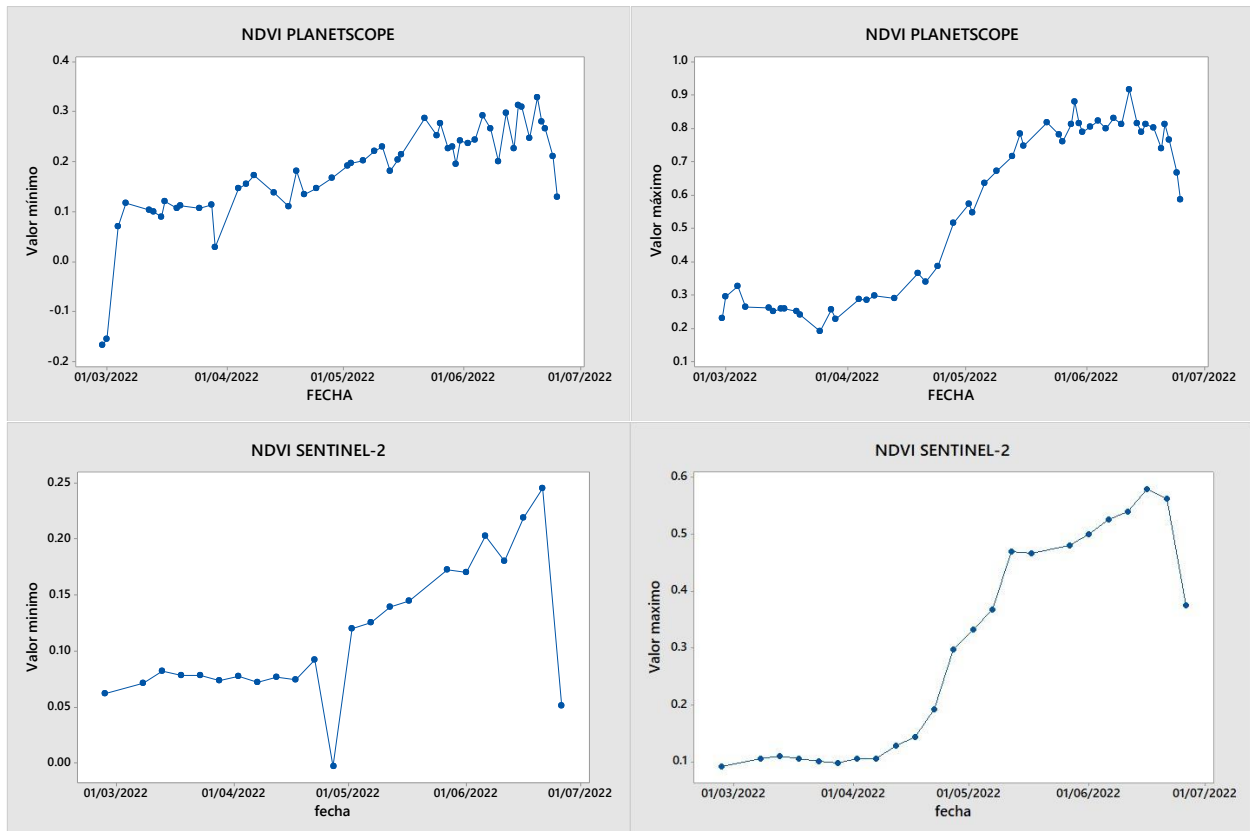


Figura 3. Comportamiento de valores del NDVI a lo largo del ciclo de cultivo de maíz forrajero PlanetScope y Sentinel-2.

La Figura 3, muestra el comportamiento de los valores mínimos y máximos de NDVI, para los dos satélites. La información obtenida de las imágenes de PlanetScope tiene mayor número de observaciones, ya que este satélite tiene una mayor frecuencia de revisita (cada 1 o 2 días), mientras que con Sentinel-2 el periodo de observación es de 5 días.

En ambos casos, la tendencia del comportamiento es similar, sin embargo, en Sentinel-2 no muestran valores negativos, mientras que con PlanetScope, estos valores representan la presencia del riego. También se observa que, a finales del mes de abril comienza el crecimiento lineal del NDVI hasta alcanzar el pico máximo en el mes de junio con un valor de 0.54 para Sentinel-2 y valor de 0.9172 para PlanetScope, finalmente existe un decremento en el valor provocado por la cosecha del cultivo a finales del mes de junio.

Kobayashi (2020) menciona que los índices espectrales de reflectancia, que incluyen las bandas azul, roja, NIR, SWIR1 y SWIR2, son de gran utilidad para la identificación de tipos de cultivos y pueden lograr una alta precisión de clasificación.



En un estudio realizado por Erdanaev, Kappas y Wyss (2022), mencionan que, debido al riego de los cultivos en el período de crecimiento temprano, el contenido de agua del suelo influye en la precisión de la clasificación, y muchos píxeles son clasificados erróneamente como agua. Otros estudios de investigación compararon el rendimiento de EVI y NDVI para la clasificación de imágenes; y se encontró un rendimiento bueno en la clasificación de las imágenes (Wardlow y Egbert, 2010; Hao et al., 2020).

## Conclusiones

Las imágenes de satélite utilizadas en este estudio muestran un comportamiento similar para la obtención de datos de riego en campo, sin embargo, las imágenes PlanetScope muestran un rango más amplio en la que si fue posible la identificación de riegos al inicio del ciclo, sin la presencia de vegetación. En los dos satélites, fue difícil identificar el riego en etapas fenológicas avanzadas ya que la presencia de vegetación genera ruido al hacer los análisis de imágenes. Ambos satélites muestran el comportamiento vegetativo del cultivo, no así con el avance de riego, por lo tanto, es necesario realizar experimentos que permitan el uso de otros índices que si nos permitan hacer una correcta identificación de los riegos en sus diferentes etapas fenológicas.

## Referencias

- Díaz García-Cervigón, José, J. (2015). Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de éstos a la agricultura de precisión
- Erdanaev E, Kappas M, Wyss D. (2022). Mapeo de tipos de cultivos irrigados en la provincia de Tashkent de Uzbekistán con métodos de clasificación basados en sensores remotos. *sensores*. 2022; 22(15):5683. <http://sci-hub.tw/10.3390/s22155683>
- European Spatial Agency (ESA) (2015). [https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Spain/SENTINEL\\_2](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2)
- Guamán Chiluisa, A. F. (2018). Monitoreo de maíz duro mediante índices de vegetación obtenidos por imágenes satelitales en Loja y Manabí (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Hao, P.Y.; Tang, H.J.; Chen, Z.X.; Meng, Q.Y.; Kang, Y.P. (2020). Mapeo de tipos de cultivos de principios de temporada utilizando series temporales de referencia de 30 m. *J. Integr. agrícola* 2020 , 19 , 1897–1911.
- Johnson, D. M., Rosales, A., Mueller, R., Reynolds, C., Frantz, R., Anyamba, A., & Tucker, C. (2021). USA Crop Yield Estimation with MODIS NDVI: Are Remotely Sensed Models Better than Simple Trend Analyses?. *Remote Sensing*, 13(21), 4227.
- Kobayashi, N.; Tani, H.; Wang, X.; Sonobe, R. (2020). Clasificación de cultivos usando índices espectrales derivados de imágenes Sentinel-2A. *J. Inf. Telecomun.* 2020, 4, 67–90.
- Planet Labs, Inc. Planet imagery product specification: PlanetScope & RapidEye, 32. <https://www.planet.com/products/planet-imagery/> (2022).
- Ueno, M., Kawamitsu, Y., Sun, L., & Maeda, K. (2005). Combined applications of NIR, RS, and GIS for sustainable sugarcane production. *Sugarcane International*, 23, 8-11.
- Wardlow, BD; Egbert, SL (2010). Una comparación de los datos MODIS 250-m EVI y NDVI para el mapeo de cultivos: un estudio de caso para el suroeste de Kansas. *En t. J. Remote Sens.* 2010, 31, 805–830.



## DISMINUCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE AJO PROVOCADO POR LA PRESENCIA DE FITOPLASMAS EN FRESNILLO, ZACATECAS

Ana Laura de la Cruz-Bernal<sup>1</sup>, Manuel Reveles-Hernández<sup>1\*</sup>, Rodolfo Velasquez-Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. <sup>2</sup>Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. \*Autor para correspondencia: reveles.manuel@inifap.gob.mx

### Introducción

El ajo es un cultivo económicamente importante en Zacatecas, México donde alrededor de 3,500 hectáreas son plantadas anualmente, ocupando el primer lugar nacional al aportar más del 45% de la producción, así como el desarrollo del mismo pues el cultivo de ajo en el estado representa la principal opción de trabajo en el medio rural (Velásquez-Valle et al., 2010) ya que el cultivo de esta hortaliza comprende un periodo largo que va desde septiembre hasta finales de mayo o principios de junio, en este periodo el cultivo requiere una cantidad importante de mano de obra reflejando la importancia social del ajo en la región (Velásquez-Valle et al., 2008). Hay enfermedades, plagas o virus que pueden dañar las cosechas y por consiguiente los campos de cultivos que se ven afectados por problemas fitosanitarios que pueden afectar su calidad y producción (Abrajan-del Rio et al., 2014). La presencia de fitoplasmas se ha hecho presente en cultivos como nopal tunero en Nopaltepec, Edo de México (Suaste et al., 2012), en cultivos de amaranto en Tlaxcala, México (Rojas-Martínez et al., 2009), en cultivos de brócoli en el estado de Aguascalientes (Reveles-Torres et al., 2018) y recientemente se han podido observar algunos de los síntomas característicos de fitoplasmas en cultivos de ajo en el estado de Zacatecas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el daño causado en el crecimiento de las plantas de ajo por estos patógenos, así como la pérdida de peso de las mismas.

### Materiales y métodos

Se realizó un muestreo el 29 de marzo de 2017 en la comunidad de Altamira, Fresnillo, Zacatecas en una parcela comercial localizada a los 23° 23. 009' de latitud norte, 102° 53. 366' de longitud oeste y a 2050 msnm. Se colectaron plantas al azar que mostraban síntomas característicos de los fitoplasmas. Por cada planta de ajo con síntomas, fue colectada una planta contigua que se mostraba en apariencia sana, reuniendo un total de 50 pares de plantas, todas en bolsas de papel y organizadas en pares de sana y enferma.

Luego de haber llevado a cabo el muestreo se procedió a trasladar las plantas al laboratorio de Diagnóstico Molecular y Sanidad Vegetal del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para llevar a cabo la evaluación del daño causado por la presencia de fitoplasmas.

Se llevó a cabo la medición de altura de las plantas utilizado fue una cinta métrica y una regla de metal de 50 cm, mientras que para determinar el peso se utilizó una balanza analítica y el



registro de las variables evaluadas se llevó a cabo en una bitácora. Los resultados obtenidos de las mediciones de las plantas se utilizaron para realizar un análisis de varianza y comparación de medias usando el Programa de Diseños Experimentales de la F.A. U.A.N.L. (Olivares, 2013).

## Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra el análisis de varianza para la variable altura de plantas enfermas y asintomáticas (sanas) del muestreo realizado el 29 de abril de 2017, existen diferencias altamente significativas ( $\alpha=.01$ ) entre tratamientos, resultando con mayor altura las plantas que no presentaban sintomatología de estar infectadas con fitoplasmas, las que tenían en promedio 45.964 cm, mientras que las aparentemente enfermas solamente alcanzaron una altura promedio de 28.576 cm, lo que las hace estadísticamente significativas al realizar la comparación de medias por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS) con  $\alpha=.05$ , como se muestra en el Cuadro 2 y Figura 1. Por el efecto de la sintomatología se presentó una disminución en la altura de la planta que significó un 38% con relación a las plantas aparentemente sanas.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la altura de plantas de ajo aparentemente sanas y con sintomatología de fitoplasmas (enfermas) en el muestreo realizado el 29 de abril de 2017 en Altamira, Fresnillo, Zacatecas, México.

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Tratamientos	1	755.856	755.856	253.911	0.000**
Error	8	23.815	2.977		
Total	9	779.671			

Cuadro 2. Comparación de medias por DMS ( $\alpha=.05$ ) para el número de hojas activas de plantas de ajo aparentemente sanas y con sintomatología de fitoplasmas (enfermas) en el muestreo realizado el 29 de abril de 2017 en Altamira, Fresnillo, Zacatecas, México.

Tratamiento	Media de altura (cm)	Agrupación
Sanas	45.964	a
Enfermas	28.576	b
DMS	2.516	

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, medias con letra diferente son estadísticamente diferentes

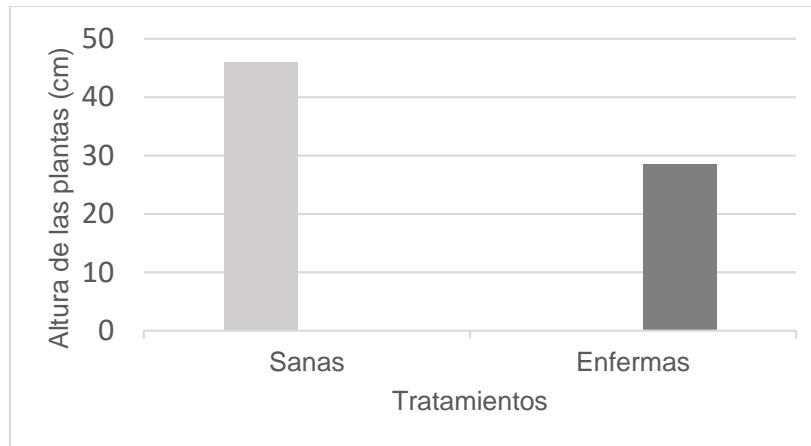


Figura 1. Media de altura para plantas de ajo sanas y enfermas (con síntomas de infección por fitoplasmas) evaluadas en el muestreo del 29 de abril de 2017 en Altamira, Fresnillo, Zacatecas, México.

Realizando el análisis de varianza para el peso total fresco de plantas en apariencia sanas y en plantas con sintomatología por fitoplasmas se puede apreciar la gran diferencia que existe entre ambos tratamientos ya que existe diferencia altamente significativa entre ambos (Cuadro 3), lo cual nos lleva a percatarnos del impacto y la pérdida que representa la presencia de dicha enfermedad en los cultivos, llegando así a perder hasta un 70% del rendimiento total. La mayor parte de la cosecha se ve afectada reduciendo a más de la mitad la cosecha y generando más pérdida que ganancia (Cuadro 4 y Figura 2).

Cuadro 3. Análisis de varianza para el peso total (g) de plantas de ajo aparentemente sanas y con sintomatología de fitoplasmas (enfermas) en el muestreo realizado el 29 de abril de 2017 en Altamira, Fresnillo, Zacatecas, México.

FV	GL	SC	CM	FC	SIG
Tratamientos	1	14737.921	14737.921	87.050	0.000**
Error	8	1354.440	169.305		
Total	9	16092.361			

Cuadro 4. Comparación de medias por DMS ( $\alpha=0.05$ ) para el peso total (g) de plantas de ajo aparentemente sanas y con sintomatología de fitoplasmas (enfermas) en el muestreo realizado el 29 de abril de 2017 en Altamira, Fresnillo, Zacatecas, México.

Tratamiento	Media	Agrupación de medias
1	109.060	a
2	32.280	b
DMS	18.977	

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, medias con letra diferente son estadísticamente diferentes.



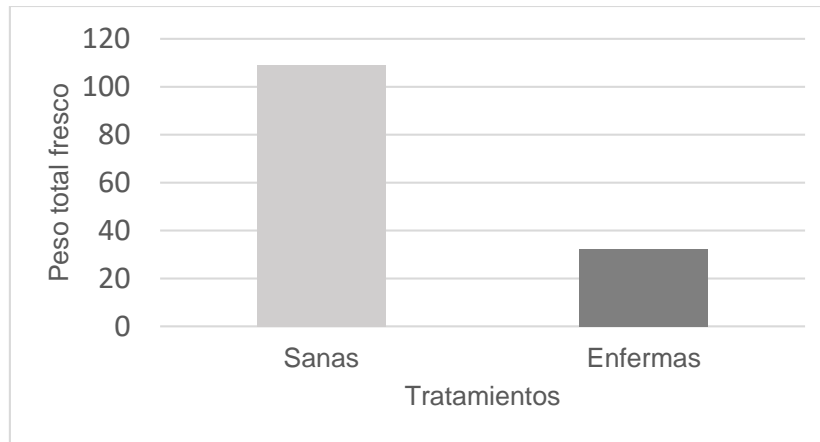


Figura 2. Media para peso total fresco en plantas sanas y enfermas (con síntomas de infección por fitoplasmas) evaluadas en el muestreo del 29 de abril de 2017 en Altamira, Fresnillo, Zacatecas, México.

## Conclusiones

Las plantas de ajo con sintomatología de fitoplasmas mostraron, en general, un crecimiento reducido en comparación con las plantas aparentemente sanas, así como una disminución considerable en su peso total en fresco.

## Referencias

- Abrajan-del Rio, X., Reveles-Torres, L. R., Velásquez-Valle, R., Reveles-Hernández, M., & Cid-Rios, J. Á. (2014). Presencia de fitoplasmas en el cicadélido *Circulifer tenellus* en el estado de Zacatecas, México.
- Olivares S. E. 2013. Programa de diseños experimentales. Facultad de Agronomía de la universidad Autónoma de Nuevo León.
- Reveles-Torres, L.R., Salas-Muñoz, S., Velasquez-Valle, R., Mauricio-Castillo, A., 2018. Identificación molecular de fitoplasmas en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) en Aguascalientes México., in: INIFAP (Ed.), Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, Calera de V.R., Zacatecas, México, p. 37.
- Rojas-Martínez, R.I., Zavaleta-Mejía, E., Lee, I.-M., Aragón-García, A.J.A., 2009. Identificación de un aislamiento del grupo 16SrIII, Candidatus Phytoplasma pruni en plantas y semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en México. 43, 851-860.
- Suaste D., A., Rojas M., R.I., Zavaleta M., E., Pérez B., D., 2012. Detección Molecular de Fitoplasmas en Nopal Tunero (*Opuntia ficus-indica*) con Síntomas de Engrosamiento del Cladodio. Revista Mexicana de Fitopatología 30
- Velásquez-Valle, R., Chew-Madinaveitia, Y. I., Amador-Ramírez, M. D., & Reveles-Hernández, M. (2010). Presencia de virus en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en Zacatecas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 28(2), 135-143.
- Valle, R.V., Ramírez, M.D.A., Hernández, M.R., 2008. Logros y rezagos en la investigación fitopatológica realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas. *Investigación y Ciencia* 16, 4-10.



## MATERIA SECA EN PLANTULA DE CHILE TIPO MIRASOL POR APLICACIÓN DE *Glomus intraradices* EN SUSTRATO DE SIEMBRA

Manuel Reveles-Hernández<sup>1\*</sup>, José Ángel Cid-Ríos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. \*Autor para correspondencia: reveles.manuel@inifap.gob.mx

### Introducción

Los principales tipos de chile que se cultivan en el centro norte del país son el ancho, mirasol o guajillo, pasilla, puya y de árbol, todos ellos pertenecientes a la especie *Capsicum annuum* var. *annuum* L. Dentro de los diez tipos de chiles que más se citan en los recetarios de cocina mexicana destacan el ancho, guajillo, pasilla y de árbol, mismos que por la frecuencia de veces mencionado en estas fuentes bibliográficas, son los de mayor uso en la cocina tradicional y moderna (Rodríguez, 2012). Dentro de los usos de las micorrizas en la producción de cultivos se cuenta su efecto para controlar patógenos de las plantas, lo que significa un método biológico de control (Salami, 2008), con el uso de micorrizas se logra que las plantas micorrizadas desarrollen un sistema de raíces más profuso, lo que incrementa su capacidad de exploración del suelo, optimización en la extracción de nutrientes y agua, tolerancia a condiciones de estrés y resistencia a enfermedades, por lo anterior los cultivos que son tratados con micorrizas logran mayor crecimiento y productividad (Cuenca et al., 2007).

Al realizar una simbiosis mutualista con las raíces de las plantas, los hongos micorrízicos juegan un papel importante para incrementar la producción agrícola, de tal manera que a través de esta interacción entre la planta y el hongo favorecen la absorción de nutrientes y agua (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000, Reveles et al., 2012). Además de favorecer el crecimiento de las plantas y la extracción de fósforo se ha encontrado que *Glomus intraradices* Schenck & Smith favorece la resistencia a problemas de estrés en las plantas (Çekiç et al., 2012), así como el desarrollo de plántulas de hortalizas (Carrillo et al., 2011; Reveles et al., 2011).

El uso de la micorriza *Glomus intraradices* Schenck & Smith tuvo efecto sobre el crecimiento de hojas y acumulación de biomasa en la parte aérea de plantas de chile mirasol, por lo que su uso es considerado como una alternativa factible en la producción de plántula de calidad en condiciones de invernadero (Reveles-Hernández et al., 2012). Generalmente se recomienda usar las micorrizas para inocular semilla de plantas cultivadas al momento de la siembra, sin embargo, dado que la micorriza se aplica con un adherente para garantizar que el producto quede sobre la testa de la semilla, provoca de las semillas pequeñas se adhieran entre si dificultando la labor de siembra, por lo anterior se hace relevante buscar otras formas de inoculación que garanticen la inoculación eficiente de las raíces de las plantas. El objetivo del presente experimento fue evaluar la acumulación de materia seca en plántula de chile tipo mirasol por efecto de la aplicación de *Glomus intraradices* en el sustrato de siembra.



## Materiales y métodos

El experimento se realizó de agosto a septiembre del 2021 en las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarías, ubicado en el kilómetro 20.5 Carretera Zacatecas – Fresnillo, Calera, Zacatecas, las coordenadas donde se encuentra son 22° 54' 31.3" de latitud norte, 102° 39' 34.0" de longitud oeste y con 2197 metros sobre el nivel del mar.

Se uso semilla de chile de la variedad INIFAP Zacatecas para la producción de plántula en charolas de 200 cavidades con capacidad de 21mL por cavidad, se uso sustrato de textura fina, previo a la siembra se mezclaron 2.0 g de Biofertilizante INIFAP, cuyo ingrediente es el *Glomus intraradices*, mezclándolo homogéneamente en el sustrato suficiente para una charola de siembra.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, en donde la unidad experimental fue una charola. Los tratamientos evaluados fueron con y sin micorrizas aplicadas en el sustrato de siembra.

Para la nutrición del cultivo se usó la fórmula 10-20-10, expresado en gramos de nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente, disueltos en 100 litros de agua de riego, aplicándola dos veces por semana. A los 47 días después de la siembra se tomaron 10 plantas con competencia completa de cada unidad experimental y se colocaron en una estufa de secado a 60°C para posteriormente determinar el peso seco de hojas, tallo y raíz auxiliados de una balanza analítica.

Los resultados obtenidos de los muestreos se utilizaron para realizar un análisis de varianza y comparación de medias usando el Programa de Diseños experimentales de la F.A. U.A.N.L. (Olivares, 2013).

## Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis de varianza y las comparaciones de medias de la materia seca producida por efeto de los dos tratamientos evaluados, aun cuando no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para el peso seco, resalta el hecho de que se produjo cerca de un 57% mas materia seca en la raíz de las plantas que fueron tratadas con la aplicación de *Glomus intraradices* que cuando no se usó la micorriza en el sustrato de siembra.

El análisis de varianza para el peso seco del tallo muestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, logrando una producción mayor de materia seca en plantas cultivadas en sustrato inoculado que en aquellas en las que no se realizó la inoculación, lográndose un incremento de producción de biomasa de un 64% cuando se utilizó la micorriza como inoculante.



No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la acumulación de materia seca en las hojas por efecto de la aplicación de la micorriza, sin embargo, se registra un incremento de un 43% de peso seco de las hojas cuando se usó la micorriza como inoculante del sustrato.

Se registraron diferencias estadísticamente significativas en la acumulación de materia seca para la planta completa, expresadas en un incremento de un 39% de peso seco por efecto de la aplicación del *Glomus intraradices* en el medio de cultivo (Figura 1).

Cuadro 1. Peso seco (g) promedio de raíz, tallo, hojas y planta completa de plántula de chile tipo mirasol por efecto de la aplicación de *Glomus intraradices* en el sustrato de siembra.

Tratamiento	Peso seco de raíz	Peso seco tallo	Peso seco hojas	Peso seco planta
Con <i>Glomus intraradices</i>	0.132 a	0.168 a	0.226 a	0.509 a
Sin <i>Glomus intraradices</i>	0.084 a	0.102 b	0.158 a	0.364 b
Significancia	0.13	0.003	0.151	0.026
DMS (0.05)	NS	0.029	NS	0.117

Promedios seguidos de la misma letra dentro de columnas, no difieren estadísticamente con base en la comparación de medias de DMS con  $p \leq 0.05$ .

Los resultados encontrados coinciden con la tendencia reportada por Carrillo y colaboradores (2011) así como los registrados por Reveles y colaboradores (2011) en la producción de plántula de calabacita inoculando el medio de cultivo en donde observaron efecto positivo de la aplicación de la micorriza al sustrato.

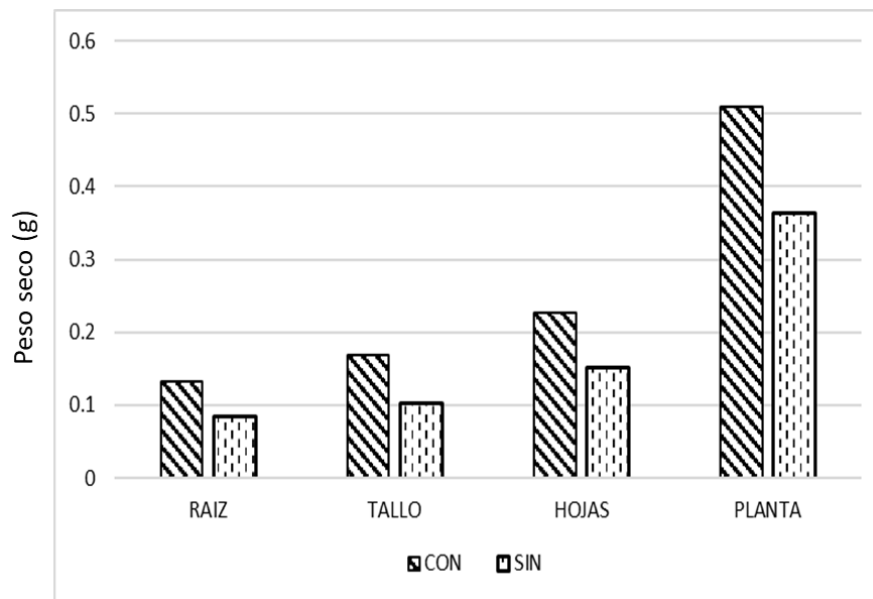


Figura 1. Medias de peso seco (g) de raíz, tallo y hojas de plántula de chile tipo mirasol por efecto de la aplicación de *Glomus intraradices* en el sustrato de cultivo en condiciones de invernadero.



## Conclusiones

Se registraron incrementos de producción de materia seca por efecto de la aplicación de *Glomus intraradices* en el sustrato de siembra de plántula de chile tipo mirasol en condiciones de invernadero.

El uso de la micorriza como inoculante de sustrato resulta de utilidad para la producción de plántula de chile dado que favorece su crecimiento y facilita la aplicación del producto sin dificultar la labor de siembra.

## Referencias

- Alarcón A. y Ferrera-Cerrato, R. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Ed. Mundi Prensa. 251 p
- Carrillo F., J.; M. Reveles H.; y L. R. Reveles T. 2011. Efecto de la dosificación de *Glomus intraradices* en el desarrollo vegetativo y radicular en la producción de plántulas de *Cucurbita pepo* L. Memoria 3er Congreso Internacional de Biología, Química y Agronomía. Guadalajara, Jal., Mexico.
- Çekiç, F. Ö.; Ünyayar, S.; Ortaş, İ. 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on biochemical parameters in *Capsicum annum* grown under long term salt stress. Turkish Journal of Botany. 36:63-72
- Cuenca, G.; Cáceres, A.; Oirdobro, G.; Hasmy, Z.; Urdaneta, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales, *Interciencia*, 32:23-29
- Olivares S. E. 2013. Programa de diseños experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Reveles H., M.; L. R. Reveles T.; R. Velásquez V. y J. Carrillo F. 2011. Efecto de la aplicación de *Glomus intraradices* en el desarrollo vegetativo y radicular de plántula de *Cucurbita pepo* L. *AGROGAZ*. 11: 67-72
- Reveles-Hernández, M.; M. A. Galindo-Reyes; R. Velásquez-Valle; L. R. Reveles-Torres, R. Trejo-Calzada. 2012a. Aplicación de *Glomus intraradices* Schenck & Smith en el crecimiento de plántula de chile mirasol en invernadero. Memoria Novena Convención Mundial del Chile., Zacatecas, Zac., México.
- Rodríguez, V. K. 2012. Importancia del chile *Capsicum annum* L. como un recurso alimentario en México. Tesis, Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 69p
- Salami, A. O. 2008. Bio-Control of fusarium Wilt of Pepper (*Capsicum Annum* (Linn.)) with *Glomus Mosseae* and *Trichodenna Viride*. *Ife Journal of Agriculture*, 23:40 -54



## EVALUACIÓN DEL PERFIL RECALCITRANTE DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO, EN DIFERENTES MANEJOS Y PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Janeth B. Carrillo-Castañeda.<sup>1,2</sup>, Cristo O. Puente-Valezuela.<sup>2\*</sup>, Jose A. Urrieta-Velázquez.<sup>2</sup>, Cirilo Vázquez-Vázquez.<sup>3</sup>, Georgina Ramírez Aragón.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa de posgrado en Agricultura Orgánica Sustentable Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. <sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) INIFAP. <sup>3</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. <sup>4</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio. \*Autor por correspondencia: puente.cristo@inifap.gob.mx

### Introducción

El desarrollo de la agricultura durante los últimos siglos y especialmente en las últimas décadas ha implicado el agotamiento substantivo de las reservas de carbono. Los suelos agrícolas llegan a ser globalmente entre unas de las reservas de almacenamientos con un posible potencial de expansión en la captura del carbono, estimado que estos suelos pueden secuestrar alrededor de 20 Pg en 25 años, que es más del 10% de las emisiones antropogénicas (FAO, 2015). Esto nos lleva a que la función de la agricultura y sus efectos en el cambio climático pueda tener un mayor impacto, esto a través de la rehabilitación de suelos degradados y adopción de prácticas de conservación del suelo (FAO, 2017). El trabajo de la FAO está dirigido a identificar, desarrollar y promover las prácticas culturales que reduzcan las emisiones agrícolas y retengan el carbono y mejorar los medios de vida de los agricultores especialmente en los países en desarrollo, en el incremento de la producción y los ingresos por medio de los créditos de carbono, generados por el Protocolo de Kioto que tiene un enfoque en la forestación y reforestación. Por lo tanto, en la estrategia de disminuir las emisiones de carbono en la atmosfera o aumentar la captación de carbono en el suelo se requiere de prácticas agrícolas de calidad, para esto se necesita una materia orgánica de calidad donde aporte beneficios al suelo como ayudar a tener menor degradación de las tierras, un rendimiento superior a los cultivos con buenas reservas nutrimentales, una buena estructura física y química en el suelo (Yang, 2011).

Las enmiendas orgánicas tienen una gran relación con el secuestro de carbono debido a que se puede cuantificar los procesos de transformación en fraccionamiento de carbono labil, que es el carbono de más fácil asimilación para los microorganismos, medio recalcitrante es el carbono parcialmente estabilizado y está protegido dentro de los agregados del suelo y recalcitrante que es altamente estable es decir es más lento de digerir por los microorganismos. (FAO, 2017; Jorge-Ma, 2015). También es importante la fracción mineral, sobre todo la arcilla, que junto a la materia orgánica son los componentes más determinantes de una de las propiedades físicas del suelo como es la estructura (Porta, 2008). La aplicación de una enmienda orgánica como la composta que está estabilizada térmicamente, procedente de residuos urbanos, incrementa de forma significativa el proceso de humificación, por lo que este tipo de residuo favorece el almacenamiento del carbono en el suelo (González Ubierna, 2013). El objetivo de este trabajo fue determinar el perfil del carbono en suelos agrícolas con diferente manejo y tipo de abonado.



## Materiales y métodos

Los sitios de muestreos se llevaron a cabo en el norte de México en el Estado Durango (Sitio 1) Peñón Blanco Covadonga a una Latitud: 24.9308, Longitud: -104.1 24°47'00" Norte 104°02'00" Oeste, es un suelo de agricultura de temporal con un reposo de 5 años con un total de 25 muestras. El (Sitio 2) Municipio de Peñón Blanco, Latitud: 24.7833, Longitud: -104.033 24° 46' 60" Norte, 104° 1' 59" Oeste, es un suelo con un cultivo de nogal con una edad de 10 años con un total de 34 muestras. El (Sitio 3) La partida Torreón Coahuila Latitud: 25.591111, Longitud: -103.298611 25°35'28" Norte, 103°17'55" Oeste, es un suelo con cero labranza y manejo de arvenses con poda, dejando la incorporación de la materia orgánica al suelo, con un cultivo de nogal de 30 años y una adopción de la labranza de al menos 10 años con un total de 24 muestras. El (Sitio 4) El Fénix Gómez Palacio Durango, Latitud: 25.628333, Longitud: -103.502500 25° 34' 5" Norte, 103° 29' 31" Oeste, es un suelo en el cual se trabaja forrajes y es fertilizado con vermicomposta con un uso de esta de 5 años con 21 muestras. El (Sitio 5) Gregorio García Gómez Palacio Durango, Latitud: 25.753611, Longitud: -103.351944 25°45'11" Norte, 103°21'5" Oeste es un suelo de una Nogalera con edad de 25 años, en la cual el manejo de arvenses se realiza mediante rasta, dejando la incorporación de la materia orgánica al suelo con un total de 24 muestras. (CONABIO-SRN y MA, 2017). Las muestras se tomaron a una profundidad de 0-10 y 10-20 centímetros, para la cuales se les determino fertilidad con base a la NOM-021-RECNAT-2000 esta establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Los sitios de muestreos tienen distintos manejos agrícolas y fueron sometidas para la determinación del perfil de carbono orgánico se empleó una adaptación de la metodología descritas por Chan et al; 2001 y Rovira et al; 2002, que consiste en una digestión húmeda de suelo con una solución crómico - acida a base de dicromato de potasio y ácido sulfúrico, con diferente concentración de acidez (6, 24 y 36 N) respetando las fracciones de lábil, medio recalcitrante y recalcitrante indicadas por Rovira y colaboradores, con la cuantificación colorimétrica del carbono orgánico. Para el calculo de la reserva de carbono se aplico la formula propuesta por la FAO la pagina 39, de su publicación "Carbono orgánico del suelo el potencial oculto" (FAO, 2017)

## Resultados y discusión

Se encontraron concentraciones de fraccionamiento de carbón lábil en todos los sitios (Figura 1). Donde el (sitio 1) tiene una concentración máxima de 5.52 kg/m<sup>2</sup>, este es un suelo el cual se encuentra en cero labranza considerando un suelo natural debido a su casi inexistente manejo agrícola por lo tanto los niveles de carbón lábil son bajas. En comparación con el (sitio 3) que es un suelo con una concentración máxima de 27.54 kg/m<sup>2</sup>, esto en los primeros 10 cm este es un suelo con cero labranza donde se encuentran nogales en el predio y con un cobertura vegetal lo que contribuye a que el carbono lábil predomine en la zona dando es rotativo regresando a la atmosfera en forma de dióxido de carbono.



Los suelos (sitio 2) presenta una máxima del 26.40 kg/m<sup>2</sup> y del (sitio 5) 14.3 kg/m<sup>2</sup> estos presentan un alto contenido debido a que son suelos que tienen cobertura vegetal. Esto nos demuestra que el manejo de coberturas son favorables para la fertilidad y conservación del suelo en cuestión del carbono lábil. En el suelo con labranza y vermicompost (sitio 4) se observa una máxima de 11.76 kg/m<sup>2</sup> la enmienda orgánica ha fortalecido el suelo aun siendo un suelo bastante deteriorado por lo que no cuenta con mayor aporte de carbono lábil, sin embargo la agregación de la enmienda orgánica (composta), es quien favorece la calidad del suelo y del cultivo que se establezca en el predio

La importancia de evaluar las fracciones de carbono es que estas tienen diferente función y aportan características distintas según la fracción. De acuerdo con Almendros (2003) esta fracción pueden ser biomacromoléculas de nueva síntesis con estructuras caóticas no específicas que puede perdurar miles de años resistiendo la degradación y la mineralización debido a su desorden estructural ya que no existen enzimas específicas que las reconozcan y pueden proteger sus grupos funcionales dentro de agregados en el suelo; la fracción recalcitrante se asocia con las propiedades físicas como estructura del suelo La fracción lábil está asociada con la disponibilidad de nutrientes y la formación de macro agregados está constituido principalmente por compuestos orgánicos simples, aminoácidos, y carbohidratos que facilitan el acceso y transformación por parte de los microorganismos del suelo.

Tabla1. Determinación de parámetros de fertilidad de los suelos

	Sitio 1			Sitio 2			Sitio 3			Sitio 4			Sitio 5		
	$(x \pm s)$			$(x \pm s)$			$(x \pm s)$			$(x \pm s)$			$(x \pm s)$		
	$(min - máx)$			$(min - máx)$			$(min - máx)$			$(min - máx)$			$(min - máx)$		
Textura	Ar	Ac	L	Ar	Ac	L	Ar	Ac	L	Ar	Ac	L	Ar	Ac	L
	76	11	13	59	22	19	31	35	34	32	38	30	19	43	38
CE	0.38 ± 0.04			1.93 ± 1.8			3.01 ± 3.18			2 ± 0.66			0.58 ± 0.07		
	0.31 ± 0.46			0.59 - 6.5			0.64 - 11.38			1.11 - 2.82			0.47 - 0.68		
MO (%)	1.32 ± 0.3			2.98 ± 1.2			3.4 ± 1.25			2.29 ± 0.62			3.15 ± 0.42		
	0.91 - 1.84			1.53 - 6.05			2.31 - 6.91			1.49 - 3.35			2.45 - 3.91		
N-NO <sub>3</sub>	4.99 ± 2.46			51.42 ± 48.91			113.14 ± 129.18			11.49 ± 9.19			18 ± 8.21		
	2.58 - 9.63			10.02 ± 202.72			7.36 ± 463.59			4.07 - 31.3			6.99 - 39.2		
P	4.68 ± 0.73			41.69 ± 17.57			72.29 ± 41.28			56.48 ± 19.49			15.09 ± 3.4		
	4.05 - 6.28			15.15 - 75.19			37.14 - 169.67			29.87 - 100.78			10.31 - 21.67		
K	373.23 ± 112.65			1427.19 ± 679.4			2199.49 ± 1411.59			1754.87 ± 382.18			1953.41 ± 395.46		
	227.45 - 626.72			33.49 - 2996.65			944.96 - 5764.14			1156.89 - 2794.33			1418.76 - 2654.97		

x: media, s: desviación estándar, min: mínimo, máx.: máximo, Ar: Arena, Ac Arcilla, L: Limo, CE: Conductividad eléctrica en dS/m, MO: materia orgánica en porcentaje, N-NO<sub>3</sub>: nitrógeno de nitratos, P: Fosforo Olsen, K: potasio extraíble con acetato de amonio pH de 7.





Derivado del calculo para la reserva de carbono se obtuvieron los datos encontrados en la tabla 2, los cuales están representados en la figura 1 donde se observan la cantidad de kg/m<sup>2</sup> y el porcentual de la fracción correspondiente con respecto al contenido total de carbono orgánico.

Tabla 2. Determinación de fraccionamiento de reserva de carbono en el suelo en kg/m<sup>2</sup>

P	Fx	S1	S2	S3	S4	S5
		( <i>x</i> ± <i>s</i> ) ( <i>min</i> - <i>máx</i> )	( <i>x</i> ± <i>s</i> ) ( <i>min</i> - <i>máx</i> )	( <i>x</i> ± <i>s</i> ) ( <i>min</i> - <i>máx</i> )	( <i>x</i> ± <i>s</i> ) ( <i>min</i> - <i>máx</i> )	( <i>x</i> ± <i>s</i> ) ( <i>min</i> - <i>máx</i> )
0 - 10	COL	3.00 ± 1.08 1.56-5.52	13.87 ± 5.40 6.86-26.4	16.74 ± 4.99 10.50-27.54	9.66 ± 1.68 7.56-11.76	10.4 ± 1.95 7.67-14.3
	COMR	2.76 ± 0.96 1.56-5.40	6.42 ± 2.19 3.06-10.13	8.77 ± 2.29 6.07-14.44	6.86 ± 0.98 5.32-8.26	10.01 ± 1.04 7.93-11.83
	COR	1.32 ± 0.48 0.72-2.04	2.77 ± 0.43 2.19-3.50	4.99 ± 1.35 2.97-8.37	3.64 ± 1.54 2.24-6.72	3.77 ± 0.52 2.86-4.68
0- 20	COL	8.22 ± 1.74 1.26-11.16	28.83 ± 6.44 18.61-42.12	33.48 ± 8.70 31.84-55.35	23.03 ± 3.92 17.5-28.56	26 ± 7.73 15.79-38.87
	COMR	8.10 ± 1.92 6.06-12.06	13.43 ± 2.84 4.45-18.90	18.42 ± 3.30 12.75-26.66	17.15 ± 2.73 13.3-20.65	22.94 ± 2.34 19.04-26.19
	COR	3.78 ± 0.96 2.52-5.82	7.22 ± 1.38 4.89-9.92	14.37 ± 5.53 7.96-25.24	7.98 ± 2.73 5.04-13.44	8.90 ± 1.56 5.84-12.48

x: media, s: desviación estándar, min: mínimo, máx.: máximo, P: profundidad en cm, Fx: fracción de carbono orgánico, COL: Carbono orgánico lábil, COMR: Carbono orgánico medio recalcitrante, COR: Carbono orgánico recalcitrante.

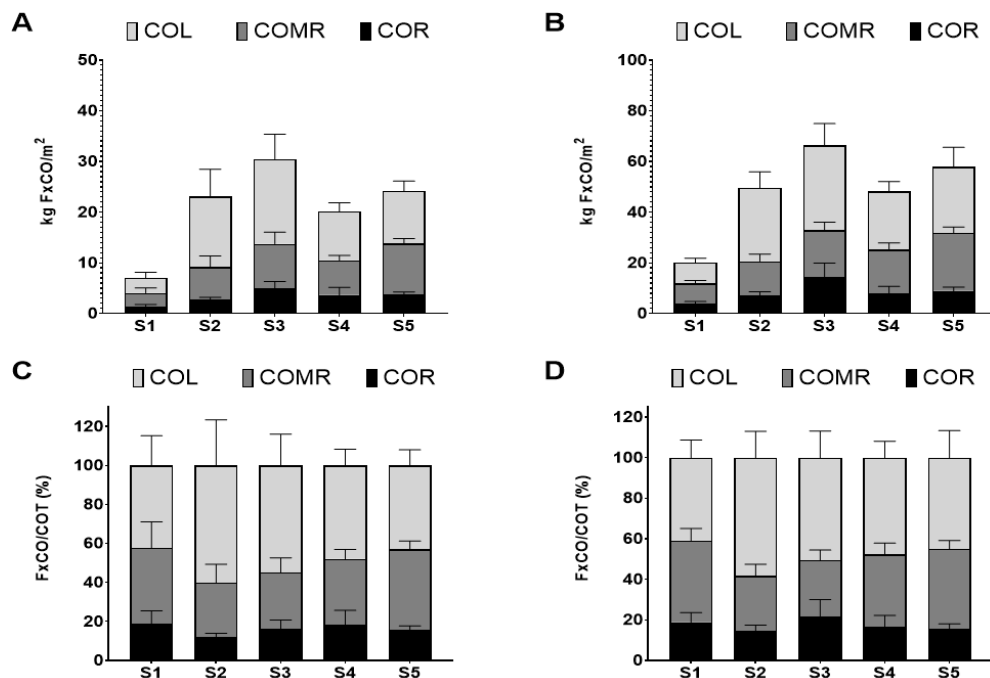


Figura 1. Fraccionamiento de carbón orgánico en suelo en diferentes prácticas agrícolas. En todos los casos se representa la media y desviación estándar A reserva de carbono en una profundidad de 0 - 10, B reserva de carbono a una profundidad de 0 - 20, C, porcentual de fracción de carbono a una profundidad 0 - 10, D porcentual de fracción de carbono a una profundidad 0 - 20



Las cantidades de fraccionamiento recalcitrante es decir el reservorio de carbón en el suelo debido que es altamente estabilizado, ingresa en un periodo de muy lenta rotación de 100 a 1000 años. En los resultados de carbón recalcitrante de la (Figura 1) El (sitio 1) presenta un carbono recalcitrante 5.82 kg/m<sup>2</sup>, siendo el sitio con menos reserva de carbono en kilogramos por metro cuadrado, por lo que en contraste con los demás suelos es significativo en las reservas de carbón recalcitrante en la profundidad de 0 a 20 cm, el suelo del (sitio 2) con 9.92 kg/m<sup>2</sup> aumenta un poco la reserva de carbono recalcitrante, el (sitio 3) cuenta con una reserva de 25.24 kg/m<sup>2</sup> este sería el suelo con más reserva de carbón recalcitrante esto se debe a su manejo agronómico. Cooper et al., (2021), experimenta evidencia donde muestra una estabilización del carbono orgánico del suelo luego de la adopción de labranza cero. Y el (sitio 4) cuenta con 13.44 kg/m<sup>2</sup> lo que es significativo respecto al (sitio 1) (sitio 5) 12.48 también es significativo respecto al suelo 1 estos resultados a una profundidad de 0 a 20 cm. Estos resultados son consistentes con Sokol et al., (2018); Chen et al., (2018) Demostraron que las entradas de carbono subterráneo son fuentes más importantes de carbono estable que las entradas de carbono orgánico sobre las partes menos profundas del suelo.

## Conclusiones

Las gráficas nos muestran que el tipo de enmienda orgánica agregado al suelo contribuye a tener un cambio significativo al suelo haciendo cambio en la estructura física del suelo como es la nutrición, retención de humedad, sin embargo en la captura del carbono en fracción recalcitrante en todos los suelos no tiene un porcentaje más de 50% de reserva a comparación de otros suelos en distintos sitios de la República Mexicana (datos no mostrados) se puede decir que las condiciones climatológicas contribuyen a la reserva del carbono recalcitrante en el suelo.

## Referencias

- Almendros G,(2004) Investigaciones básicas sobre el origen y la estructura molecular de las formas estables de materia orgánica relacionadas con el proceso de secuestro del carbono en los suelos. Edafología Volumen 11: 229-249
- Chan, K. Y.; Bowman, A.; Oates, A. (2001) Oxidizable Organic Carbon Fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys Soil Science: January 2001 - Volume 166 - Issue 1 - p 61-67
- Cooper, Hvet al (2021) La labranza cero a largo plazo mejora la protección del carbono del suelo en la agricultura tropical. EUR J. Ciencias de Suelo 72, 2477-2492.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (SRNy MA). 2017. La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado. Mexico. Pags. 31.34
- FAO. Global Forest Resources Assessment (2015). FAO. Roma. 2015.
- FAO. (2017). Carbono Orgánico del Suelo el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia <http://www.fao.org/3/I6937Es/i6937es.pdf>



- González-Ubierna, S; Jorge-Mar domingo, I; Carrero- González, B.; de la Cruz, M.t; Valverde, I.; Casarmeiro, M.A; (2012). Soil organic matter evolution after the application of high doses of organic amendments in a Mediterranean calcareous soil. 2012; vol 12 (8): 1257-1268
- Jorge-Mardomingo, I; Jiménez-Hernández, M.E.; Moreno, L.; de la Losa, A.; de la Cruz, M.T.; Casermeiro, M.A. (2015). Application of high doses of organic amendments in a Mediterranean agricultural soil: An approach for assessing the risk of groundwater contamination. *Catena*. 2015; 131:74-83
- Lal, R (2009) Secuestro del dióxido de carbono atmosférico. *CRC. Critico Rev. Plant Sci* 28, 90-96
- Pere Rovira, V.Ramón Vallejo (2002). Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach, *Geoderma*, Volume 107, Issues 1–2, Pages 109-141, [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00143-4).
- Porta, J; Lopez-Acevedo, M y Poch, R.M. (2008) Introducción a la edafología: uso y protección del suelo. Edición. Madrid: Mundi- Prensa Libros, sa. a.
- NOM-021-RECNAT-2000. (2000) Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos
- Sokol, N.W. and Bradford, M.A. (2018) Microbial formation of stable soil carbon is more efficient from belowground than aboveground input. *Nat. Geosci.* 12, 46–53
- Yang XY, Li PR, Zhang SL, Son BH, Chen XP (2011) A largo plazo efectos de la fertilización sobre el carbono orgánico del suelo, las propiedades físicas y el rendimiento de trigo de un suelo de loess. *J Plant Nutr Soil Sci* 174:775-784
- Walkley, AJ y Black, IA (1934) Estimación del carbono orgánico del suelo por el método de valoración del ácido crómico. *Ciencia del suelo* 37, 29-38.



## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE FRAMBUESA EN AGUASCALIENTES

Manuel Antonio Galindo-Reyes<sup>1\*</sup>, Luis Humberto Maciel Pérez<sup>1</sup>, Arturo Cruz Vázquez<sup>1</sup>,  
Luis Martín Macías Valdez<sup>1</sup>, Erick Baltazar Brenes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. \*Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx

### Introducción

Actualmente, la demanda mundial de berries es creciente e insatisfecha, al menos en Estados Unidos, esto se debe al estilo de vida y a las cualidades nutrimentales de estas frutas, las cuales se clasifican como “delicatessen” y el consumidor está dispuesto a pagar precios altos. En cuanto a producción, a nivel mundial se producen más de cuatro y medio millones de toneladas de berries, dicha cifra representa el 2% de la producción de frutas; y las berries que destacan son fresa (62%), grosella (13%), arándano (11%), frambuesa (10%) y zarzamora (4%). Los principales países productores son Estados Unidos (arándano, zarzamora, y fresas) y Rusia (frambuesa y grosella) (FAO, 2019).

En México, durante el año 2021, la superficie cultivada de frambuesa fue de 8,742 ha, con un rendimiento promedio de 19 t ha<sup>-1</sup> y un volumen de producción de 165,676 toneladas. Los principales estados productores de frambuesa son Jalisco y Michoacán con más de 85% de la superficie cultivada y del volumen de producción (SIAP, 2022). Existen antecedentes de investigación en frutillas para algunas zonas en México. Galindo et al. (2006), en el Estado de México validaron dos sistemas de manejo (tres y dos cosechas por año), poda y promotores de brotación para obtener una cosecha adicional al año en frambuesa roja de otoño en invernadero. También, Guzmán et al. (2004) comentan que, en Valle de Bravo, en el Estado de México el cultivo de la frambuesa es rentable y el productor exportador puede obtener una relación beneficio costo hasta de 2.21.

En el Norte Centro de México se carece de estudios de caracterización agronómica de frutillas en condiciones protegidas, por lo que es importante generar el paquete tecnológico para el manejo de la frambuesa que podría ser una nueva alternativa de producción para aprovechar las oportunidades de desarrollo socioeconómico que actualmente existen y la ventana comercial para exportar estas frutas durante octubre-enero cuando existe desabasto importante en Estados Unidos y el resto del mundo. En la región existe un gran interés en el cultivo de las frutillas debido a que ofrecen diversas ventajas ya señaladas. Por esta razón en esta investigación se evaluaron dos variedades de frambuesa en condiciones protegidas para determinar el potencial productivo y calidad de fruto.



## Materiales y métodos

La investigación se estableció en el Campo Experimental Pabellón, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado entre 22° 09' LN y 102° 16' LO, y una altitud de 1,920 m. El clima es semiseco, templado, con una temperatura media de 19.9 °C. El clima predominante es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina et al., 2006).

En esta investigación se evaluaron dos variedades de frambuesa, Autumn Bliss y Selección Colpos, que se establecieron en octubre de 2018 en condiciones de macrotunel. La frambuesa Autumn Bliss produce frutos de color rojo y la frambuesa Selección Colpos produce frutos de color amarillo. El macrotunel tenía 4.5 metros de alto, 6.0 metros de ancho, 50 metros de largo y plástico opaco calibre 600. El suelo tiene una textura franca arcillo arenoso con densidad aparente de 1.33, contenido de materia orgánica de 1.43%, pH de 8.47, conductividad eléctrica de 0.44 dS/m y menos del 5% de sodio intercambiable. Derivado del análisis de suelo se aplicó composta a razón de cinco toneladas por hectárea para mejorar la fertilidad y la actividad microbiana.

La plantación de ambas variedades de frambuesa se hizo con plantas en bolsa de seis meses de edad y propagadas por estacas de raíz. Las plantas se establecieron a una distancia entre líneas de dos metros, distancia entre plantas de 0.5 m y a doble hilera.

En cada línea o bordo con plantas de frambuesa se instalaron dos líneas de cintilla calibre 6 mil con distancia entre goteros de 20 cm y con gasto de 0.5 lph. El criterio de riego consistió en aplicar el 40% de la evaporación medida en un bote que se simuló un tanque tipo A dentro del túnel.

La fertilización se realizó de acuerdo con los requerimientos nutrimentales de la especie, las aportaciones nutrimentales del agua y del suelo, así como la eficiencia en la aplicación. Para ello se aplicó la dosis de 150-60-40-40-30-60 unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO y S durante el año 2019.

El control de maleza se hizo de manera manual con la ayuda de azadón, en cuatro ocasiones por año; mientras que el control de plagas y de enfermedades se desarrolló como se requirió. Otras prácticas fueron la poda y tutoreo, para ello se podaron todas las plantas a nivel del suelo para arrancar el ciclo en el mes de febrero del año 2019 y el tutoreo se instaló para conducir las plantas desde el suelo forma de V.



En el momento de la cosecha se registró el rendimiento y sus componentes, así como la calidad de fruto tanto en campo y en laboratorio. Para determinar la calidad, los frutos se clasificaron en comerciales y no comerciales con base en tamaño, color y deformaciones. En el laboratorio se estimaron azúcares solubles totales o grados brix durante plena cosecha y se hizo mediante un refractómetro.

Los resultados obtenidos se analizaron para contrastar las variedades mediante la prueba de t de student en un arreglo de parcelas apareadas, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software).

## Resultados y discusión

En algunas etapas evaluadas de la fenología de las dos variedades de frambuesa hubo pocas diferencias, ya que el inicio a floración ocurrió entre los 134 y 138 días, el inicio de cosecha aconteció entre los 167 y 170 días y los días de flor a fruto fluctuaron entre 30 y 33 días (Cuadro 1).

Cuadro 1. Días a floración, días a cosecha y días de flor a fruto en frambuesa.

Variedad	Días a floración	Días a cosecha	Días de flor a fruto
Autumn Bliss	138	169	31
Selección Colpos	134	167	33

En el cultivo de frambuesa se evaluaron dos variedades contratantes. La variedad Autumn Bliss, con color de fruto rojo y la Selección Colpos, con color de fruto amarillo. En este sentido, la variedad Autumn Blis produjo aproximadamente el doble de frutos comerciales, frutos no comerciales y frutos totales por parcela que la selección Colpos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de frutos acumulados en la variedad Autumn Bliss y en la Selección Colpos.

Variedad	Frutos comerciales por parcela	Frutos no comerciales por parcela	Frutos totales por parcela
Autumn Bliss	2,338	773	3,111
S. Colpos	1,024	401	1,425
T (Probabilidad)	0.000	0.007	0.000

En el caso de la producción comercial, producción no comercial y producción total por parcela nuevamente la variedad Autumn Blis superó ( $P \leq 0.05$ ) a la Selección Colpos (Cuadro 3); es decir, Autumn Blis presentó prácticamente el doble de rendimiento de fruto.

Cuadro 3. Producción acumulada (gramos) en la variedad Autumn Bliss y en la Selección Colpos.

Variedad	Producción comercial por parcela	Producción no comercial por parcela	Producción total por parcela
Autumn Bliss	8,170.59	2,056.52	10,231.57
S. Colpos	3,751.50	1,257.67	5,009.17
T (Probabilidad)	0.000	0.014	0.000



En cuanto a la calidad de fruto, ambas variedades mostraron peso promedio de fruto y sólidos solubles totales muy similares ( $P > 0.05$ ). Aunque, la Selección Colpos presentó peso de fruto ligeramente mayor que la variedad Autumn Bliss (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calidad de fruto de frambuesa en la variedad Autumn Bliss y en la Selección Colpos.

Variedad	Peso promedio de fruto	Sólidos solubles totales (%)
Autumn Bliss	3.50	9.50
S. Colpos	3.82	9.85
T (Probabilidad)	0.051	0.372

Considerando los resultados preliminares de rendimiento y calidad de fruto del año 2019, se puede afirmar que hasta ahora la variedad Autumn Bliss ha expresado mayor potencial de rendimiento que la Selección Colpos. También, es importante mencionar que el mercado actual prefiere frambuesas con color de fruto rojo.

## Conclusiones

Ambas variedades presentaron una fenología muy similar a lo largo del año. La variedad Autumn Bliss expresó mayor potencial de rendimiento que la Selección Colpos al producir mayor fruto y rendimiento total y comercial. Además, el mercado actual prefiere frambuesas con frutos de color rojo. Las dos variedades de frambuesa produjeron la misma calidad de fruto en cuanto a peso promedio de fruto y a grados brix.

## Literatura Citada

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). FaoStat. Cultivos y productos de ganadería. In: [www.fao.org/faostat/es/#data/QCL](http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL). Consultado en línea el 15 de julio de 2021.
- Galindo, R. M. A., V. A. González S., A. López J., P. Sánchez G., R. M. Soto H. y A. Muratalla. (2006). Sistema de manejo para producir dos o tres cosechas por año en frambuesa roja en clima templado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 69-77.
- Guzmán, S. E., R. García M., A. Muratalla L., G. García D. y J. S. Mora F. (2004). Análisis de precios de la frambuesa roja producida en Valle de Bravo, México. *Agrociencia* 38: 565-571.
- Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. (2006). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Estadísticas. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado en línea el 05 de octubre de 2022.



## PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA DE DIFERENTES GENOTIPOS DE *Lotus corniculatus* L. EN CONDICIONES ÓPTIMAS Y SUBÓPTIMAS DE HUMEDAD DEL SUELO

Sahara Xolocotzi-Acoltzi<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>, Gabino García- De los Santos<sup>2</sup>, Perpetuo Álvarez-Vázquez<sup>3</sup>, Jesús Guadalupe Arreola-Ávila<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio - Ciudad Juárez, km 40. C.P. 35230, Bermejillo, Durango. <sup>2</sup>Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. C.P. 25315, Buenavista, Saltillo, Coah. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

En la Comarca Lagunera de los estados de Durango y Coahuila, México, existen problemas de escasez de agua y sobre explotación del acuífero, lo que hace necesario eficientizar el uso del agua para fines productivos (Neri & Medina, 2019). Varios de los cultivos establecidos en esta región, no se adecúan a las condiciones marginales del recurso hídrico (Ramírez et al, 2019), entre estos cultivos destacan: la alfalfa, nogal y hortícolas (García et al, 2014). Los cultivos alternativos o la introducción de nuevos genotipos con menores requerimientos hídricos, puede ser una alternativa viable, siempre y cuando compitan en cantidad y calidad productiva con estándares menores en consumo de agua (Neri & Medina, 2019). El trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) es un cultivo forrajero de origen mediterráneo, europeo y africano, tiene una alta capacidad de adaptación a diferentes ambientes y condiciones de manejo, entre las que destaca la tolerancia al déficit hídrico, entre otras limitantes (Guillen & Widdup, 2008). El objetivo de este estudio, fue evaluar el crecimiento y productividad de *Lotus corniculatus* L. en condiciones de malla sombra en la Comarca Lagunera, bajo contenidos óptimos y subóptimos de humedad del suelo.

### Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo, Durango, México, ubicada en las coordenadas geográficas 25.8° LN y 103.6° LW, con una altitud de 1,130 msnm, una temperatura media anual de 19.5 °C, máxima de 28.4 °C y mínima 10.5 °C (SMN, 2018). Se usó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones, donde las parcelas grandes fueron dos contenidos de humedad del suelo: óptimo (COHS: 23-27 %) y subóptimo (CSHS: 18-22 %) y las parcelas chicas fueron cinco genotipos de *Lotus corniculatus* L. La unidad experimental fue una planta por maceta de 21.6 kg de peso. El riego se llevó a cabo dos veces por semana para mantener los contenidos de humedad del suelo por gravimetría. El peso COHS fue de 23.9 kg y de CSHS fue de 23.0 kg. Se realizaron siete cortes durante un año con un periodo promedio de crecimiento de 42 días entre cortes, a excepción del periodo de invierno donde se alargó a 91 días. Variables medidas: altura de planta (cm), cobertura vegetal (cm<sup>2</sup>) y producción de biomasa fresca (g planta<sup>-1</sup>).





Cuadro 1. ID, procedencia y hábitos de crecimiento de diferentes genotipos de *L. corniculatus* sometidos a evaluación de adaptabilidad en la región Lagunera de Coahuila y Dgo. México.

Genotipo	Procedencia	Hábito de crecimiento
255301	Francia	Semi erecto
255305	Italia	Semi erecto
202700	Uruguay	Erecto
226792	Canadá	Semi erecto
Estanzuela Ganador	Uruguay	Erecto

Fuente: García et al. 2014.

## Resultados y discusión

No se presentaron diferencias entre genotipos en COHS y CSHS en la variable altura de planta con valores promedio de 20.9 y 20.2 cm, respectivamente, lo que sugiere tolerancia al déficit hídrico de todos los materiales genéticos evaluados, al menos en esta variable. La mayor cobertura vegetal fue la del genotipo 255305 con un valor de 1,661.2 cm<sup>2</sup> en COHS; mientras que el genotipo 202700 lo fue CSHS con 1,649.0 cm<sup>2</sup>. En consecuencia, la más alta producción de biomasa fresca acumulada de los diferentes cortes ( $P \leq 0.05$ ), correspondió a la obtenida por el genotipo 255305 con una productividad de 740.1 g planta<sup>-1</sup> en COHS y, el genotipo 202700 en CSHS con 583.7 g planta<sup>-1</sup>.

Cuadro 2. Efecto del contenido de humedad del suelo sobre el crecimiento y productividad genotipos *Lotus corniculatus* L.

Genotipo	Contenido de humedad en el suelo					
	Óptimo (24-27 %)			Subóptimo (18-22 %)		
	Altura de planta (cm)	COBV (cm <sup>2</sup> )	PBF (g planta <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm)	COBV (cm <sup>2</sup> )	PBF (g planta <sup>-1</sup> )
255301	20.5 a	1299.7 b	605.8ab	21.5 a	1252.8 ab	410.6 b
255305	22.0 a	1661.2 a	740.1 a	19.4 a	1244.3 ab	497.6ab
202700	20.7 a	1530.0 ab	571.3 b	21.0 a	1649.0 a	583.7 a
226792	20.3 a	1249.0 b	554.7 b	19.2 a	1121.5 b	497.7ab
Est. Ganador	21.2 a	1334.1 ab	640.4ab	19.7 a	1117.1 b	486.5ab
Media	20.9	1414.8	622.22	20.2	1326.0	495.2

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. COBV= Cobertura vegetal; PBF= Producción de biomasa fresca.



## Conclusiones

De los cinco materiales genéticos evaluados de *L. corniculatus* L. los genotipos identificados con las claves 255305 y 202700, fueron los de mejor respuesta en términos de cobertura vegetal y producción de biomasa fresca planta<sup>-1</sup>, el primero en condiciones óptimas de humedad del suelo y el segundo en condiciones subóptimas; en altura de planta todos los genotipos fueron iguales ( $P \leq 0,05$ ) en ambos contenidos de humedad, lo que identifica su tolerancia al déficit hídrico de condiciones subóptimas de humedad del suelo.

## Referencias

- García Bonilla, D. V., Guerrero Rodríguez, J. D., García de los Santos, G. y Lagunes Rivera, S. (2014). Rendimiento y calidad de forraje de genotipos *Lotus corniculatus* L., en el estado de México. *Nova Scientia*. 7(13): 170-189
- Guillen, R. y Widdup, K. (2008). Program of improvement in *Lotus corniculatus* L.: Base Germplasm characterization. *Lotus Newslette*. 38, 1-67
- Neri Guzmán, Medina, C. y Ortega, M. A. (2019). Cultivos alternativos como un mecanismo para el desarrollo de zonas áridas: El caso de jojoba en el Altiplano Potosino. *Revista Internacional de estadística y geografía*. 10(1): 44-63.
- Ramírez Barraza, B. A., González Estrada, A., Salas González, J. M. y García Salazar, J. A. (2019). Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(3): 539-550.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional), 2018. Normales climatológicas, periodo 1981-2010. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>



## EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE UN ÁREA DE PASTIZAL CON BASE EN INDICADORES EN LA LOCALIDAD ROMA-TEXAS DE MAPIMÍ, DURANGO

Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1\*</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1</sup>, Ignacio Sánchez-Cohen<sup>2</sup>, Miguel Agustín Velásquez-Valle<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. CP 35230 Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup>INIFAP, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>3</sup>CIRNE-INIFAP. Campo Experimental Saltillo, Saltillo, Coahuila, México. [En retiro]. \*Autor de correspondencia: yachgl@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

La degradación de los recursos naturales de los pastizales en zonas áridas y semiáridas como una forma de desertificación, es el factor que más afecta a estos ecosistemas en los que se practica ganadería extensiva. En la parte norte de México, más del 73 % de la superficie dedicada al pastoreo presenta diversos grados de erosión y la condición de los pastizales es regular (SEMARNAT, 2011), el 20 % se encuentran en una condición de regular a buena y sólo el 5 % presentan una condición excelente.

Los pastizales son ecosistemas caracterizados por presentar una vegetación abierta dominada por especies herbáceas y cuya producción primaria es aprovechada directamente por los herbívoros (Miller, 1990). Los pastizales en el norte de México son ecológica y económicamente importantes. Ocupan más de 19 millones de hectáreas del territorio nacional, lo que representa el 36.6 % del total de superficie dedicada a sistemas productivos, la cual incluye la agricultura, los pastizales inducidos y cultivados (SEMARNAT, 2018). Estos pastizales son de gran valor debido a sus recursos ganaderos, faunísticos e hidrológicos, así como a su diversidad biológica; son importantes como fuente de alimento para animales domésticos (Rebollo & Sal, 2003).

Sin embargo, de acuerdo con las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, cuyas Series fueron elaboradas por el INEGI (Serie I) se conservaba poco más del 75% de la superficie original de pastizales. Cuarenta años después, en 2014 (Serie VI), se conservaba casi el 60%, lo cual representa una pérdida neta de más de cerca de 6.7 millones de hectáreas de pastizales (SEMARNAT, 2018). Las actividades antrópicas y en particular el sobrepastoreo, ha afectado el 95 % de los pastizales naturales del norte árido de la república para el 2002 (SEMARNAT, 2003). El monitoreo de las pérdidas de suelo, degradación y productividad de los pastizales es necesario para la toma de decisiones de mejoramiento y recuperación de éste. El objetivo de este estudio fue evaluar la degradación de un área de pastizal en una localidad al sureste del municipio de Mapimí, Dgo. mediante la integración de una metodología rápida con indicadores cualitativos que evalúan suelo, hidrología y vegetación con un enfoque de rangos.



## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Roma-Texas, Mapimí, Durango, México, localizado a  $25^{\circ} 52' 23.65''$  N y  $103^{\circ} 43' 41.74''$  O, y a una altitud de 1,176 m. Con clima BWhw(e), que corresponde a muy árido, semicálido con lluvias en verano y de amplitud térmica extremosa. La precipitación promedio anual es de 260 mm y la evaporación anual de 2,346.9 mm. El promedio de temperatura máxima mensual es de  $28.4^{\circ}\text{C}$  y la temperatura mínima mensual media es de  $10.5^{\circ}\text{C}$  (SMN, 2010).

Para la evaluación de la condición del pastizal de la localidad, se integró una metodología rápida con indicadores cualitativos que evalúan suelo, hidrología y vegetación (Pellant et al., 2018). En la época de ocurrencia de lluvias durante el verano del 2019, fueron seleccionados al azar, 20 sitios para efectuar la evaluación de la condición del área de pastizal (Figura 1), mediante mediciones categóricas de campo. Se asignaron valores del tipo de vegetación y atributos del ecosistema, de acuerdo con los 17 indicadores establecidos en la metodología. Se utilizó una escala ordinal asignando un valor ascendente a partir de uno, el cual se otorga a una condición extrema (1) seguido por el intervalo de moderada a extrema (2), de moderada (3), de ligera a moderada (4) y, de nula a ligera (5) (Echavarría-Chairez et al., 2015). Posteriormente, la información fue integrada y sistematizada en el software Statgraphics Centurion 19.

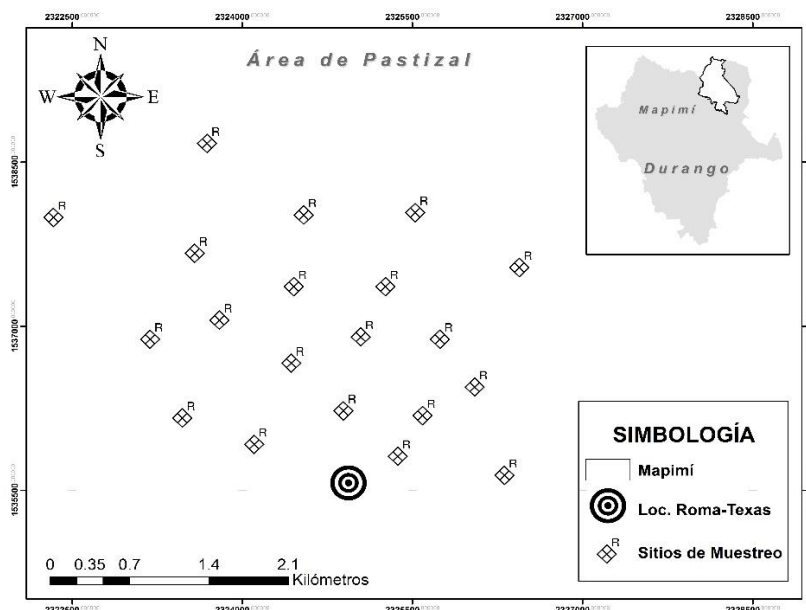


Figura 1. Distribución de los sitios para la evaluación de la condición del pastizal en la localidad Roma-Texas, al sueste de Mapimí, Dgo. Fuente: Elaboración propia.



## Resultados y discusión

La integración de los tres componentes en la valoración visual, correspondió a un valor de 2.3, el cual se interpreta que la condición o estado de degradación en la que se encontraba el sitio experimental, es de moderada a extrema (Cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores que califican a los atributos de la condición del ecosistema de pastizal en el área de estudio.

Indicador	Atributos físicos observados en el área de pastizal	Características de la condición del pastizal			Escala de evaluación <sup>2</sup>
		ES	FH	IB	
1	Arroyuelos	x	x		1.7
2	Patrones de flujo de agua	x	x		1.8
3	Pedestales o terracetas	x	x		2.1
4	Suelo desnudo	x	x		1.5
5	Cárcavas	x	x		2.5
6	Viento y/ o áreas de deposición	x			1.8
7	Movimiento del suelo		x		1.5
8	Resistencia de la superficie del suelo a la erosión	x	x	x	2.2
9	Pérdida de superficie del suelo o degradación	x	x	x	2.1
10	Composición de la comunidad de plantas y distribución relativa a infiltración y escurrimiento		x		2.6
11	Capa de compactación	x	x	x	2.1
12	Grupos funcionales / estructurales			x	2.5
13	Mortalidad de plantas / decadencia			x	3.0
14	Cantidad removida		x	x	2.3
15	Producción anual			x	3.5
16	Plantas invasoras			x	2.5
17	Capacidad reproductiva de las plantas perennes			x	3.8

Estabilidad de suelo/sitio (ES), funcionalidad hidrológica (FH) e integridad biótica (IB). Metodología propuesta por Pellant et al., 2018. <sup>2</sup>Valores promedio para los 20 sitios de evaluación.

De acuerdo con los valores numéricos derivados de la metodología cualitativa para la evaluación de la condición del pastizal, el atributo más afectado fue la estabilidad del suelo (ES), descrita por los indicadores 1 al 6; 8, 9 y 11 (Cuadro 1). Este conjunto de indicadores conduce a mostrar efectos principales que impactan el suelo, como la pérdida de la capa superficial, la que, al ser arrastrada, disminuye la infiltración y favorece el escurrimiento, provocando la inestabilidad del sistema suelo.

El segundo atributo más afectado fue la integridad biótica (IB) descrita por los indicadores 8 y 9; y del 11 al 17 (Cuadro 1). Esto se corroboró por la observación de campo, ya que en distintos sitios de evaluación son sometidos al sobrepastoreo, el cual disminuye la cobertura vegetal y las plantas de mayor preferencia por los diferentes tipos de ganado que pastorean libremente.



El tercer atributo y el que mostró menor afectación, fue la funcionalidad hidrológica (FH) descrita por los indicadores 1 al 5, el 7, del 8 al 11 y 14. El menor efecto observado en la FH, se explica por la reducida pendiente que presenta el área de estudio. Los resultados obtenidos señalan que la disminución de la cobertura vegetal está afectando tanto la ES como la FH. La degradación paulatina del área de estudio y su efecto sobre la estabilidad del suelo y su impacto en la erosión hídrica ha sido documentado con anterioridad (Pedroza-Parga et al., 2022; Cruz-Martínez et al, 2015). Cualquier intervención tecnológica dirigida a monitorear o reducir la degradación del ecosistema, así como el uso de prácticas de rehabilitación de áreas del pastizal, contribuirá a la disminución del deterioro que actualmente se produce en el área de estudio.

## Conclusiones

De acuerdo con la metodología para determinar la condición del ecosistema de pastizal en la localidad de Roma-Texas de Mapimí, Dgo., se ubica en el valor de 2.3, en la escala de uno a cinco, lo que representa una condición de moderada a extrema, para el año en que se realizó el presente estudio. El atributo más afectado fue la estabilidad del suelo, seguido de la integridad biótica.

## Referencias

- Cruz-Martínez, A., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., Sánchez-Cohen, I., Samaniego-Gaxiola, J. A., & Cantú-Brito, J. E. (2015). Alternatives and decision-making in natural resource management in degraded dryland areas. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 14(1), 51-60.
- Echavarría-Chairez, F. G., de la Cruz, J. L. S., Luna, R. G. & García, G. M. (2015). Validación de una estrategia metodológica para la evaluación cualitativa de un pastizal mediano abierto del estado de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(2), 171-191.
- INEGI. (2022). Descarga de mapas digitales de los temas límites municipales y localidades de la República Mexicana. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Miller, G. T. (1990). *Resource conservation and management*. USA.: Wadsworth Pub. Co.
- Pedroza-Parga, E., Velásquez-Valle, M. A., Pedroza-Sandoval, A., Sánchez-Cohen, I., & Yáñez-Chávez, L. G. (2022). The impact of vegetation cover on soil erosion and soil deposition due to runoff. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 14(1).
- Pellant, M., Shaver, P. L., Pyke, D. A., Herrick, J. E., Busby, F. E., Riegel, G., Lepak, N., Kachergis, E., Newingham B. A. & Toledo, D. (2018). *Interpreting Indicators of Rangeland Health, Version 5. Tech Ref 1734-6*. Denver, CO: U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center.
- Rebollo, R. & Sal, A. G. (2003). Aprovechamiento sostenible de los pastizales. *Revista Ecosistemas*, 12(3).
- SEMARNAT. (2003). *Dirección General de Ordenamiento y Conservación de Ecosistemas*, INE. México.
- SEMARNAT. (2011). *Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras*. México, D.F.: Producción Creativa en la Ciudad de México.
- SEMARNAT (2018). *Informe del medio ambiente en México*. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Recuperado de <https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe18/index.html>
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2010). Normales climatológicas por Estado. Conagua. México D.F. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>.



## PROFUNDIDAD DE LA CINTA DE RIEGO Y ESTIÉRCOL SOLARIZADO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE MAÍZ FORRAJERO

Sergio Arturo Ortiz-Díaz\*<sup>1</sup>, Arturo Reyes-González<sup>2</sup>, Manuel Fortis Hernández<sup>1</sup>, Omar Iván Santana<sup>3</sup>, Jessica Janeth Rocha-Santillano<sup>1</sup>, Pablo Preciado-Rangel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México-Campus Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. CP. 27170. <sup>2</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP. Blvd. José Santos Valdés núm. 1200 Pte., Matamoros, Coahuila, México. CP. 27440. <sup>3</sup>Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Santana-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. CP. 20660. \*Autor para correspondencia: sergio.ortdiaz@gmail.com.

### Introducción

La principal fuente de alimentación para el ganado estabulado en la Comarca Lagunera son los forrajes, los cuales ocupan más de 70% de la superficie cultivada, El maíz forrajero ocupa la mayor superficie cultivada en la región (SADER, 2021). Para aumentar la productividad de los forrajes se utilizan cantidades excesivas de fertilizantes y de agua (Reyes et al., 2020), la cual es limitada y escasa en regiones áridas y semiáridas del mundo (SADER, 2021). El riego por goteo subsuperficial (RGS) mejora la eficiencia en el uso de agua y disminuye hasta 44% el volumen aplicado respecto al sistema de riego por gravedad (Gutiérrez et al., 2017). La utilización de los fertilizantes, incrementan el rendimiento de los cultivos; sin embargo, la sobre fertilización y el mal manejo del suelo, acelera su deterioro. Ante esta situación el uso de abonos orgánicos es una práctica agrícola sustentable, al contribuir a mantener la fertilidad natural del suelo (Bonanomi et al., 2020). Diversas investigaciones se han realizado por separado para evaluar diferentes sistemas de RGS a diferentes profundidades de cinta de riego o diferentes dosis de estiércol bovino. Sin embargo, investigaciones en las que se evalúe la profundidad de cinta de riego y estiércol solarizado en maíz forrajero en la Comarca Lagunera no se ha realizado. Por esta razón, el objetivo de la investigación fue: evaluar el efecto de tres profundidades de cinta de riego por goteo y diferentes dosis de estiércol bovino solarizado en la producción y calidad bromatológica en maíz forrajero.

### Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental La Laguna (CELALA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado a 25° 32' latitud norte y 103° 14' longitud oeste, a 1 150 msnm. La textura del suelo es franco-arcillosa (28% arena, 40% arcilla, 32% limo). El clima de la región se clasifica como seco semicalido, (Bwh), con temperatura media de 22.6 °C, precipitación media anual de 227 mm y evapotranspiración (ET) de 2 000 mm.



La preparación del terreno consistió en subsuelo, barbecho, incorporación del estiércol solarizado (ES), rastra, nivelación y colocación de la cinta de riego. La siembra se realizó en seco, la distancia entre plantas fue de 12 cm y 76 cm de separación entre surcos para tener una densidad de población de 105 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones. Las diferentes dosis de estiércol solarizado se consideraron como parcela grande (50, 75 y 100 t ha<sup>-1</sup>) y un testigo con fertilización inorgánica (200-100-00 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), mientras que la profundidad de la cinta de riego (0.3, 0.15 y 0.05 m) fue la parcela chica. Las variables de respuesta fueron: altura final de la planta, producción de forraje verde y seco, eficiencia en el uso del agua (EUA) y calidad bromatológica.

Para determinar si hubo diferencias significativas en las variables respuesta se realizó un análisis de varianza a cada variable utilizando el procedimiento GLM de SAS, cuando se detectaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC. EUA).

## Resultados y discusión

Los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas para altura de planta (AP), forraje verde (FV), forraje seco (FS) y eficiencia en el uso de agua (EUA) (Cuadro 1). El tratamiento con 100 t ha<sup>-1</sup> de ES y una profundidad de cinta de riego de 0.3 m, presentó mayor altura con 2.04 m, seguido del tratamiento de 50 t ha<sup>-1</sup> con profundidad de 0.3 m; sin embargo, este tratamiento, pero con una profundidad de cinta de riego de 0.05 m tuvo menor altura con 1.56 m. La altura de planta obtenida en este trabajo de investigación es similar a los reportados por López *et al.* (2015), quienes obtuvieron plantas más altas con la aplicación de estiércol bovino. Cuadro 1. Efecto del estiércol solarizado y profundidades de cinta de riego sobre la altura de planta (AP), rendimiento de forraje verde (FV), forraje seco (FS) y uso eficiente del agua (EUA) en maíz forrajero.





Cuadro 1. Efecto del estiércol solarizado y profundidades de cinta de riego sobre la altura de planta (AP), rendimiento de forraje verde (FV), forraje seco (FS) y uso eficiente del agua (EUA) en maíz forrajero.

Tratamientos		Variables			
Dosis (t)	Profundidad (m)	AP (m)	FV t ha <sup>-1</sup>	FS t ha <sup>-1</sup>	EUA kg FS/m <sup>3</sup>
100	0.30	2.04 a*	65.16 abc	22.48 ab	3.27 ab
100	0.15	1.93 a	65.71 abc	22.85 ab	3.75 ab
100	0.05	1.77 ab	54.90 c	18.86 abc	3.44 ab
75	0.30	1.85 ab	67.68 ab	23.55 ab	3.43 ab
75	0.15	1.91 a	64.10 bc	22.54 ab	3.69 ab
75	0.05	1.78 ab	60.81 bc	21.20 abc	3.87 a
50	0.30	1.96 a	75.29 a	24.21 a	3.52 ab
50	0.15	1.90 a	66.88 ab	22.01 abc	3.61 ab
50	0.05	1.56 b	55.19 c	19.55 abc	3.56 ab
Química	0.30	1.94 a	67.47 ab	20.70 abc	3.02 ab
Química	0.15	1.80 ab	64.10 bc	18.01 bc	2.95 b
Química	0.05	1.74 ab	56.72 bc	16.64 c	3.03 ab

\*Letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

La producción de forraje verde y seco fue afectada por los distintos tratamientos evaluados (Cuadro 1), el uso de ES promovió los mayores rendimientos promedio de forraje verde y seco, con 75.29 y 24.21 t ha<sup>-1</sup> con dosis de estiércol de 50 t ha<sup>-1</sup> y con una profundidad de la cinta de riego de 0.3 m. Los rendimientos obtenidos en esta investigación superan a los reportados por Yescas *et al.* (2015) quienes tuvieron un rendimiento promedio de forraje verde de 52.3 t ha<sup>-1</sup> en maíz forrajero irrigado con riego por goteo sin el uso de estiércol.

La mayor EUA (Cuadro 1) corresponde al tratamiento con 75 t ha<sup>-1</sup> de estiércol y con la cinta de riego sobre la superficie (0.05 m) (3.87 kg FS m<sup>-3</sup>), superando en 24% a la EUA lograda por el tratamiento con fertilización química (2.95 kg FS m<sup>-3</sup>). Estos valores fueron diferentes a los reportados por Reyes *et al.* (2018) quienes no encontraron diferencia significativa entre la utilización de estiércol y fertilización química en maíz con riego por goteo.

**Calidad bromatológica.** Los resultados obtenidos mostraron que el uso de estiércol en general mejoró el rendimiento de PC (Cuadro 2). La aplicación de 75 t ha<sup>-1</sup> de ES y una profundidad de la cinta de riego a 0.3 m, logro los mayores rendimientos (1 891 kg ha<sup>-1</sup>); en cambio, el menor rendimiento correspondió a la fertilización tradicional (1 407 kg ha<sup>-1</sup>). Los resultados de este estudio pueden deberse a que la fertilización nitrogenada provoca un alto contenido de nitrógeno inorgánico en el suelo, el cual probablemente no es requerido y aprovechado por la planta en ese momento; por lo cual, comienza a perderse por lixiviación o volatilización, disminuyendo así el nitrógeno acumulado (Larios *et al.*, 2021).



Los distintos tratamientos mostraron diferencias significativas en FDNmo (Cuadro 2). El tratamiento de 50 t ha<sup>-1</sup> con una profundidad de 0.3 m, presentó el mayor rendimiento de FDNmo con 10 296 kg ha<sup>-1</sup>, superando al resto de los tratamientos, siendo el mismo tratamiento, pero con una profundidad de cinta de riego de 0.05 m el de menor rendimiento (7 606 kg ha<sup>-1</sup>). Similarmente, el tratamiento de 50 t ha<sup>-1</sup> con profundidad de cinta de riego de 0.3 m fue el que registró el valor máximo (6 433 kg ha<sup>-1</sup>) de FDA. El valor mínimo de FDA fue con el tratamiento de 100 t ha<sup>-1</sup> con profundidad de cinta 0.05 m. Yescas *et al.* (2015) encontraron diferencias significativas entre los valores de FDN y FDA en maíces establecidos bajo riego por goteo subsuperficial.

Se observaron diferencias significativas en lignina entre los tratamientos, el tratamiento de 50 t ha<sup>-1</sup> con profundidad de cinta de 0.3 m fue el que registró el mayor rendimiento (1 196 kg ha<sup>-1</sup>) de lignina, mientras que el valor mínimo fue para el tratamiento de fertilización química (794 kg ha<sup>-1</sup>). Los rendimientos de lignina en este estudio fueron similares a los reportados por Ochoa *et al.* (2012) quienes probaron dos fuentes de nitrógeno y dos sistemas de riego en la producción y calidad en maíz forrajero.

Cuadro 2. Rendimiento de fibra detergente neutra (FDN), proteína cruda (PC), fibra detergente ácida (FDA), lignina, almidón, energía neta para lactación (ENL), digestibilidad in vitro de la FDN a las 30 horas de incubación (FDND30h) del forraje de maíz.

Tratamientos		Rendimiento de nutriente						
Dosis (t)	Prof. (m)	R-FDNmo (kg/ha)	R-PC (kg/ha)	R-FDA (kg/ha)	R-lignina (kg/ha)	R-almidón (kg/ha)	R-ENL (Mcal/kg)	R-FDND 30 (kg/ha)
		8448						
100	0.30	abcd	1728 ab	5319 abc	1079 abcd	8507 a	36195 a	4623 abcd
100	0.15	9948 abc	1808 ab	6160 ab	1129 abc	6684 ab	34517 ab	5505 abc
							29799	
100	0.05	7687 cd	1612 ab	4681 c	860 cde	5923 bc	abc	4367 cd
75	0.30	10084 ab	1891 a	6126 abc	1137 ab	7003 ab	36275 a	5801 a
		9601						
75	0.15	abcd	1846 ab	6077 abc	1134 abc	6375 b	34041 ab	5309 abcd
		8805					32872	
75	0.05	abcd	1732 ab	5444 abc	1026 abcde	6984 ab	abc	4859 abcd
50	0.30	10296 a*	1823 ab	6433 a	1196 a	7608 ab	37048 a	5643 ab
		9573						
50	0.15	abcd	1829 ab	5903 abc	1094 abcd	6189 bc	33467 ab	5127 abcd
							31090	
50	0.05	7606 d	1632 ab	4775 bc	909 bcde	6521 b	abc	4172 d
		9131					30851	
Química	0.30	abcd	1638 ab	5715 abc	1084 abcd	5830 bc	abc	5011 abcd
Química	0.15	7886 bcd	1598 ab	4944 bc	836 de	4412 cd	27028 bc	4399 bcd
Química	0.05	7680 cd	1407 b	4709 c	794 e	3742 d	24630 c	4414 bcd

\*Letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



Los rendimientos de FDND30h fluctuaron entre 4 172 y 5 801 kg ha<sup>-1</sup>, habiendo diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor rendimiento de FDND30h lo presentó el tratamiento con una dosis de 75 t ha<sup>-1</sup> y profundidad de cinta de 0.3 m. Fortis et al. (2009) reportan resultados similares con aplicación de abonos orgánicos y riego por goteo subterráneo.

Diferencias significativas en el rendimiento de almidón se observaron entre tratamientos (Cuadro 2). El valor menor correspondió al tratamiento con fertilización química con profundidad de cinta de 0.05 m y el valor mayor al tratamiento con estiércol de 100 t ha<sup>-1</sup> con profundidad de cinta de 0.3 m. Los mayores rendimientos de almidón se registraron en los tratamientos donde se aplicaron 100 y 75 t de estiércol con cinta enterrada, mientras que los menores se registraron en la fertilización química. Es posible que la baja mineralización del N del estiércol respecto al fertilizante químico propició una mayor disponibilidad de N para la planta cuando se encontraba en etapa de llenado del grano (Castellanos et al., 2017).

En cuanto al rendimiento de ENL hubo diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento con dosis de 50 t ha<sup>-1</sup> de estiércol y una profundidad de 0.3 m, obtuvo el mejor rendimiento (37 048 Mcal kg<sup>-1</sup>), a diferencia de la de fertilización química con profundidad 0.05 m (24 630 Mcal kg<sup>-1</sup>), que obtuvo el menor rendimiento. Fortis et al. (2009), evaluaron la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química en la producción de maíz forrajero con riego por goteo y obtuvieron mejores resultados en los tratamientos con fertilización química.

## Conclusiones

La mayor producción de forraje seco se presentó en los tratamientos con cinta enterrada a 0.15 y 0.3 m de profundidad. La eficiencia en el uso de agua en general fue mayor en el tratamiento donde se enterró la cinta a 0.15 m. En lo que se refiere a la aplicación de estiércol solarizado, la dosis con 75 t ha<sup>-1</sup> fue el que presentó un promedio mayor en la producción de forraje seco (22.43 t ha<sup>-1</sup>). En cuanto al rendimiento de calidad nutricional de forraje los tratamientos donde se aplicó estiércol y cinta de riego a profundidades de 0.15 y 0.3 m fueron los que presentaron los mejores resultados.



## Referencias

- Bonanomi, G.; Alioto, M.; Minutolo, M.; Marra, R.; Cesarano, G. and Vinale, F. (2020). Organic amendments modulate soil microbiota and reduce virus disease incidence in the TSWV-tomato pathosystem. *Pathogens*. 9(5):7-9.
- Castellanos, M. A. R.; Carmenate, R. V.; Gómez, A. L.; Izquierdo, G. F. (2017). Mediciones de índices de verdor relacionadas con área foliar y productividad de híbrido de maíz. Ministerio de Educación Superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 38(3):112-116.
- Fortis, H. M.; Leos, R. J. A.; Preciado, R. P.; Castillo, I. O.; García, S. J. A.; García, H. J. L. y Orozco, V. J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoam*. 27(4):329-336.
- Gutiérrez, R. A. S.; Palestina, M. S.; Bañuelos, H. G. y Pérez, A. S. (2017). Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. *Rev. Mex. Cienc. Pec*. 8(4):429-435.
- Larios, G. R. C.; Centeno, L. G.; Ríos, M. J. y Avalos, E. C. D. S. y Castro, S. J. R. (2021). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *Siembra*. 8(2):1-11.
- López, C. M. J.; Figueroa, V. U.; Fortis, H. M.; Núñez, H. G.; Ochoa, M. E. and Sánchez, D. J. I. (2015). Fertilizer and manure equivalent rates on forage corn production (*Zea mays* L.). *Phyton*. 84(1):8-13.
- Ochoa, M. E.; Núñez, H. G.; Sánchez, D. J. I.; Rodríguez, H. K. y Figueroa, V. U. (2012). Calidad, eficiencia en el uso del agua y producción de maíz con dos fuentes de nitrógeno y sistemas de riego. *Agrofaz*. 12(4):79-85.
- Reyes, G. A.; Anaya, S. A.; Sánchez, D. J. I.; Isidro, R. L.M.; Torres, H. D. y Marinez, R. J. G. (2018). Efecto del riego por goteo y estiércol en la productividad del agua en maíz forrajero. *Agrofaz*. Ed. Esp. 101-108.
- Reyes, G. A.; Sánchez, D. G. R.; Duarte, J. I. S.; Gaytan, I. F.; Leal, E. H. y Hernández, K. R. (2020). Rendimiento y productividad del agua en maíz (*Zea mays* L.) forrajero con riego por goteo subsuperficial. *Agrofaz*. 2(1):3-13.
- SADER. (2021). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-Delegación en la Región Lagunera, Sector Agropecuario, 2021. El Siglo de Torreón. Suplemento especial. 24 p.



## RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y GRANO EN TRITICALE (*X Triticosecale* Witt.)

Miguel Angel Mata-Espinosa<sup>1\*</sup>, David Hernández-Sánchez<sup>2</sup>, Mauricio Velázquez-Martínez<sup>3</sup>, José Ramón Hernández-Salgado<sup>1</sup>, Neiry Manuel Alvarado-Ruacho<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; Km 40 Carretera Gómez Palacio, Dgo. - Cd. Juárez, Chih.; CP 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. <sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Edo. México. CP 56230. <sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis-Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. \*Autor de correspondencia: mata@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

La Región Lagunera es la cuenca lechera más importante de México, la alimentación del ganado se basa en el uso de forrajes de corte, ya sea verdeado, henificado o ensilado. Los cultivos forrajeros más importantes son maíz y sorgo en verano, en tanto que en invierno son avena y ryegrass, además de algunas especies perennes donde destaca la alfalfa (Béjar et al., 2007). El triticale (*X Triticosecale* Witt.) es un cultivo que reúne un potencial alto de producción de biomasa de un valor nutritivo adecuado, con una tolerancia mayor a factores adversos del ambiente como las temperaturas bajas, por lo que puede producir una cantidad adecuada de forraje durante los meses de diciembre a febrero, además de tener una tolerancia mayor que los cultivos tradicionales a deficiencias de agua y nutrientes, y una adecuada resistencia a plagas y enfermedades (Béjar et al., 2007). Esta especie forrajera presenta rendimientos equivalentes o hasta superiores a los del trigo, centeno y avena (Mendoza et al., 2011). El triticale tiene un potencial alto para ser un cultivo alternativo con diferentes propuestas de uso en un rango amplio de ambientes, particularmente bajo condiciones de crecimiento marginal y propenso al estrés (Pfeiffer, 1994). Por lo anterior, también se puede utilizar para la producción de grano y se ha demostrado que puede igualar o superar el rendimiento que se obtiene con trigo (SIAP, 2012). Por lo anterior, el objetivo del estudio presente fue evaluar el comportamiento productivo de triticale proveniente la región de Jerez, Zacatecas, para conocer el rendimiento de materia seca y grano en comparación con variedades comerciales.

### Materiales y métodos

**Localización geográfica del experimento.** El experimento dio inicio en el ciclo agrícola otoño-invierno 2020-2021, en el Rancho El Carmen, propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en Bermejillo, Durango que se localiza en las coordenadas geográficas 103° 36' 11" de longitud Oeste y entre los 25° 53' 32" de latitud Norte con 1,117 metros de altitud. La clasificación del suelo corresponde a un yermosol gypsic de textura media, presenta un clima tipo árido y desértico de clasificación BWhw con lluvias en verano, una temperatura media anual de 21 °C con precipitación de 300 mm (INEGI, 2009).



**Preparación del área experimental.** El área experimental consistió de 1.2 ha (8 melgas). Para la preparación del área para la siembra, se llevó a cabo un rastreo doble, nivelación y rebordeo; con lo cual se reincorporó toda la materia residual del cultivo anterior, que fue maíz forrajero.

**Semilla.** La semilla que se utilizó fue adquirida con el Sr. Oscar Sabag del rancho El Manicomio, localizado en el municipio de Jerez, Zacatecas. Esta semilla fue producida en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2019. La semilla no tuvo ningún tratamiento previo contra plagas y enfermedades.

**Siembra.** La siembra se llevó a cabo a tierra avenida el día 15 de diciembre de 2020, utilizando una sembradora John Deere® para grano pequeño de 17 hileras, con una densidad de 130 kg ha<sup>-1</sup>.

**Riegos.** El sistema de riego utilizado fue por gravedad (riego rodado). Se aplicaron 3 riegos de auxilio durante el desarrollo del cultivo.

**Fertilización.** La fertilización se realizó al momento de la siembra, con 150 kg de fosfato monoamónico (MAP; 11-52-00) por hectárea y durante todo el ciclo se aplicó 250 kg por hectárea de sulfato de amonio (21-00-00-24S) fraccionado en los 3 riegos de auxilio. Se aplicó toda la cantidad de fósforo al momento de la siembra y la mitad del nitrógeno.

**Control de malezas.** El control de malezas se realizó a finales de enero para controlar malezas de hoja ancha (malva); se utilizó un herbicida comercial (A Grester-400 CE®) con una dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup>.

**Muestreo de forraje.** El muestreo se realizó a los 100 después de la siembra (DDS).

### **Variables de estudio en el forraje**

**Rendimiento de materia verde.** La toma de muestras de forraje se realizó con ayuda de un cuadrante metálico cuyas dimensiones fueron 75 cm x 133.34 cm = 1m<sup>2</sup>. Se realizaron 3 submuestras dentro de cada melga, los cuales fueron distribuidos al centro de la tabla a 25, 50 y 75 m lineales, contando a partir de la cabecera de cada una. Una vez colocado el cuadrante en el área de muestreo, se cortó el forraje con el uso de una rozadera a una altura de 2 cm del suelo; la biomasa obtenida se colocó en bolsas de papel, las cuales se marcaron con tinta indeleble para su identificación. El procedimiento se llevó a cabo para todos los tratamientos dentro de cada bloque (melga). La biomasa fue colocada en costales de plástico y pesada en una báscula digital Torrey®.



**Contenido de humedad y materia seca.** Para determinar el contenido de materia seca (MS), se utilizó el método directo por deshidratación en estufa de aire forzado (BINDER®); para lo cual, del material cortado, se tomó una submuestra de aproximadamente 100 g de forraje verde, el cual fue picado posteriormente con el uso de una guillotina manual a una longitud aproximada de 2 cm. Posteriormente el material pesado y picado fue colocado en bolsas de papel previamente identificadas. Las muestras obtenidas fueron colocadas en la estufa de aire circulante, por 48 horas a 60 °C, hasta obtener el peso constante. Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una báscula granataria OHAUS® y por diferencia de peso, se obtuvo la cantidad de MS.

### **Variables de estudio en el grano**

**Rendimiento de grano.** Para evaluar la producción y calidad del grano, se dejaron dos melgas de 18x100 m (0.18 ha c/u) sin cosechar forraje, hasta que el grano presento madurez fisiológica y la planta se secó completamente en la parcela; lo cual ocurrió a los 150 DDS. La toma de muestras para evaluar la producción de grano, se realizó utilizando un cuadrante metálico cuyas dimensiones fueron 75 cm x 133.34 cm = 1m<sup>2</sup>. Se realizaron 5 sub-muestreos dentro de cada melga; los cuales fueron distribuidos al centro de la tabla a 15, 30, 45, 60 y 75 m lineales, contando a partir de la cabecera de cada una. Una vez colocado el cuadrante en el área de muestreo, se cortaron todas las espigas contenidas en el cuadrante, con el uso de una rozadera. Las espigas obtenidas se colocaron en bolsas de papel para su desgranado posterior. Las espigas se desgranaron de forma manual y después se limpiaron de impurezas y material ajeno. La semilla se colocó en bolsas de papel estraza y se llevaron al laboratorio de agua-suelo-planta para pesarlas. Este procedimiento se llevó a cabo para las 10 sub-muestras de las dos melgas (Tratamientos) y se registró la información.

**Humedad del grano.** Del grano obtenido, se tomaron aproximadamente 100 g y se colocaron en bandejas de aluminio previamente rotuladas. Las bandejas fueron colocadas en una estufa de aire circulante Binder a 60°C por 48 horas hasta peso constante. Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una báscula granataria OHAUS® y por diferencia de peso, se obtuvo la cantidad de humedad del grano.

**Peso de 1,000 semillas.** Para determinar el peso de 1,000 semillas, se pesaron 8 repeticiones de 10 semillas en una báscula granataria OHAUS® y el resultado se multiplicó por 100.

**Peso hectolítrico (volumétrico).** De la semilla obtenida para cada una de los muestreos (repeticiones), se tomó la cantidad suficiente de semilla y se colocó en un vaso de precipitado de 50 mL, se decantó el exceso con una varilla de vidrio. El vaso lleno de semilla se pesó en una báscula granataria OHAUS® para obtener el peso volumétrico (hectolítrico).



**Porcentaje de germinación.** De las semillas obtenidas, se colocaron 10 en una caja Petri con algodón, una vez colocadas las semillas sobre el algodón se aplicó agua destilada hasta saturación y posteriormente se le colocó la tapa a la caja Petri. Se utilizaron cinco cajas Petri para cada una de las repeticiones de los tratamientos evaluados. Luego, las cajas fueron colocadas en una cámara de germinación a temperatura ambiente por 3 días. Finalmente, al finalizar las 72 horas se sacaron las cajas Petri y se contaron las semillas que germinaron, basándose en la presencia y desarrollo de la radícula en las semillas probadas.

### **Diseño experimental y análisis estadísticos**

**Para el rendimiento de materia seca.** Se utilizó un Diseño en Bloques Completamente al Azar. El criterio de bloqueo fue considerando un gradiente diferencial en tipo de suelo. Se definieron 8 bloques para el presente estudio. Con la información obtenida, se llevó a cabo una evaluación de ajuste y homogeneidad de varianza. Los datos fueron evaluados con base en un diseño en bloques al azar, empleando el procedimiento PROC GLM del paquete SAS, VER 9.3 (SAS, 2014) y para la comparación de efectos entre tratamientos se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey con un alfa de 0.05 (Steel & Torrie, 1990).

**Rendimiento y calidad de grano.** Las variables en el presente estudio relativas al comportamiento en peso y rendimiento de grano y, % de germinación fueron evaluadas mediante un Diseño Completamente al Azar, considerando el tipo de parcela como tratamiento (2) que incluyó 5 repeticiones (Di Rienzo, 2008). El comportamiento de los errores aleatorios fue determinado mediante la prueba de Shapiro-Wilks la cual se ajustaron al modelo aleatorio de curva normal ( $P > 0.05$ ), así como la Homogeneidad de varianzas entre tratamientos mediante la prueba de Levene corregida por Lilliefors. Posteriormente se procedió en la determinación de efectos promedios de los tratamientos en las variables de estudio, mediante la prueba de Tukey (Steel & Torrie, 1990).

### **Resultados y discusión**

**Rendimiento de materia seca.** El resultado del análisis estadístico y comparación de medias (Cuadro 1), mostró un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) del bloque, lo que significa que algunos tratamientos (bloques) mostraron comportamientos promedios diferentes para la variable respuesta ton de MS ha<sup>-1</sup>.





Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos de bloques y error estándar (EE) de producción de forraje en triticale (ton ha<sup>-1</sup>).

Bloque	Medias* ± EE ton MS ha <sup>-1</sup>
1	10.351 <sup>bcd</sup> ± 511
2	9.626 <sup>cd</sup> ± 511
3	9.521 <sup>d</sup> ± 511
4	11.594 <sup>ab</sup> ± 511
5	11.302 <sup>ab</sup> ± 511
6	11.929 <sup>a</sup> ± 511
7	11.076 <sup>ab</sup> ± 511
8	11.804 <sup>ab</sup> ± 511

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Como se observa en el Cuadro 1, hubo diferencias en el comportamiento de la variable respuesta ton MS ha<sup>-1</sup> entre los bloques (melgas) evaluados. Lo anterior confirma que el efecto de bloque si tuvo influencia sobre la variable evaluada. El intervalo para esta variable estuvo de 9.521 a 11.929 ton. El rendimiento mayor se obtuvo en el bloque número 6 con 11.929 kg de MS y el menor fue para el bloque número 3 con 9.521 ton de MS. En general, estos rendimientos son mayores a los que se obtuvieron por Gómez (2014) al evaluar un triticale comercial (AN31B) donde se informa de un intervalo de rendimiento de 5.86 a 8.82 ton MS ha<sup>-1</sup>; así como también a los que obtuvo Castro (2018) con un intervalo de 4.92 a 6.23 ton MS ha<sup>-1</sup>.

**Evaluación de rendimiento y calidad de grano.** La comparación de medias para los tratamientos y variables de respuesta evaluadas, se muestra en el Cuadro 2. El rendimiento potencial y calidad de la semilla son determinantes para tener éxito en el establecimiento de un cultivo. De la misma forma, la viabilidad de una semilla es indicativo de la calidad de la misma, esta variable está determinada por la pureza del lote y el porcentaje de germinación. Respecto al rendimiento de grano por unidad de área, no se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, el valor estuvo en el intervalo de 2.46 a 2.50 ton ha<sup>-1</sup>, tan solo una diferencia de 40 kg entre tratamientos. Comprando estos resultados con otros estudios, resulta que son menores a los que informa Velasco et al. (2020) para triticales de desarrollo primaveral (5.1 ton ha<sup>-1</sup>), facultativos (7.1 ton ha<sup>-1</sup>) e invernales (4.8 ton ha<sup>-1</sup>) en el ciclo agrícola 2014-2015. En este mismo estudio, para el ciclo agrícola O-I 2015-2016 los datos obtenidos fueron: primaverales (3.2 ton ha<sup>-1</sup>), intermedios (3.3 ton ha<sup>-1</sup>) e invernales (1.6 ton ha<sup>-1</sup>); estos valores son más parecidos a los del presente estudio. Una tendencia similar se observa al comparar los resultados obtenidos por Mendoza et al. (2011) al evaluar la producción de grano en diferentes fechas de siembra. El intervalo de producción fue de 2,673 a 5,305 kg ha<sup>-1</sup>.



En diversos estudios realizados en Chihuahua el INIFAP (2002), evaluó la producción de grano en varios materiales para diferente propósito y reporta valores de producción de grano de 3.2 a 5.2 ton ha<sup>-1</sup> (invierno forraje-grano, tres pastoreos luego producción de grano), para triticale de invierno doble propósito con dos pastoreo y luego grano el intervalo de rendimiento fue de 5.5 a 7.9 ton ha<sup>-1</sup> y de 2.6 a 4.2 ton ha<sup>-1</sup> de grano con triticale de invierno bajo el esquema de aprovechamiento en verdeo y luego producción de grano. Otros investigadores (Paccapelo et al., 2017) encontraron valores similares al presente estudio, al evaluar 21 genotipos con valores de 2,136 a 3,407 kg ha<sup>-1</sup> y un promedio de 2,705 kg ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, comparado la información del presente estudio, con producción de grano en secano, resulta en rendimientos muy superiores 540 kg ha<sup>-1</sup> (Miranda-Domínguez et al., 2016) contra 2.5 ton ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 2. Promedio y error estándar en variables de producción y calidad de grano de triticale.

Variable	Promedio tratamientos		EE
	Trat. 1	Trat. 2	
Rendimiento, ton ha <sup>-1</sup>	2.50 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	0.07
Germinación, %	83.20 <sup>a</sup>	86.00 <sup>a</sup>	3.47
Humedad, %	3.47 <sup>a</sup>	3.47 <sup>a</sup>	0.08
Peso 1,000 granos, g	42.08 <sup>a</sup>	42.85 <sup>a</sup>	0.58
Peso hectolítrico, kg 100L <sup>-1</sup>	125.77 <sup>a</sup>	124.74 <sup>b</sup>	0.20

Efecto medio de tratamientos con la misma letra son iguales (P<0.05, Tukey). EE=Error estándar.

En cuanto a la determinación de la germinación, no se encontraron diferencias en los tratamientos evaluados. El valor estuvo en el intervalo de 83.2 a 86% (Cuadro 2). Tendencia similar se observa al comparar los resultados obtenidos por Mendoza et al. (2011) al evaluar la germinación de grano proveniente de diferentes fechas de siembra, con un intervalo para esta variable de 83 a 93%. En el mismo estudio, pero evaluando diferentes densidades de siembra (50 a 150 kg ha<sup>-1</sup>), el intervalo encontrado fue de 87 a 90%.

Considerando el peso de 1,000 granos, no se obtuvieron diferencias significativas (P<0.05) en el presente experimento (Cuadro 2), los valores obtenidos fueron de 42.08 g (T1) y 42.85 g (T2). Estos valores son muy parecidos a los que informa Paccapelo et al. (2017) cuyos valores encontrados estuvieron dentro del intervalo de 33.2 a 40.2 g con un valor promedio de 35.7 g, cuando evaluaron 21 genotipos en un área semiárida de Argentina. En otra investigación realizada con triticale en Hidalgo, los valores obtenidos fueron de 34.5 g para 2012 y de 40.8 g para el año 2013 (Navarrete, 2015). En cebada el peso de 1,000 granos normalmente varía entre 30 y 60 g con un valor promedio de 45 g, por lo que coincide con los valores obtenidos en la presente investigación (Navarrete, 2015).



El peso hectolítrico se refiere al peso de un litro de grano y se expresa como  $\text{kg hL}^{-1}$ . La proporción del peso del grano con respecto a su volumen depende principalmente de su tamaño y forma, así como de las propiedades de su superficie, si todos los demás factores se mantienen constantes, una masa de grano con superficie rugosa, puede poseer mayor volumen que una masa de grano con superficie suave. Con relación a esta variable se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 2;  $P < 0.05$ ), el valor mayor fue para el T1 con  $125.77 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$ , mientras que en T2 fue de  $124.74 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$  lo que representa una diferencia de 0.82 %. Según las normas oficiales mexicanas, se indica un intervalo para peso específico de 68 a 76  $\text{kg } 100\text{L}^{-1}$ . Miranda-Domínguez et al. (2016) informan de un valor de  $47.9 \text{ kg } 100\text{L}^{-1}$  g en un estudio con triticale bajo condiciones de secano en el estado de Oaxaca. En otra investigación realizada con triticale en Hidalgo, los valores obtenidos fueron de  $58.2 \text{ kg hL}^{-1}$  para 2012 y de  $64.7 \text{ kg hL}^{-1}$  para el año 2013 (Navarrete, 2015).

El contenido de agua se reporta como contenido de humedad y es importante para el almacenamiento seguro del grano. Según las normas oficiales mexicanas, se indica un contenido de humedad  $\leq 13\%$  para granos y cereales. En esta investigación no se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ; Cuadro 2) al evaluar los dos tratamientos. El contenido de humedad fue de 3.47% lo que indica que está muy por debajo de lo que se recomienda para grano de cereales en general. Este resultado fue debido a que la cosecha de las espigas de triticale se realizó después de permanecer más de un mes en campo expuesto a la radiación y temperaturas altas. Aún con este contenido de humedad tan bajo, no se produjo rompimiento o fractura de granos durante el trillado.

## Conclusiones

La producción de materia seca fue consistente con otros estudios y el rendimiento de grano fue menor a lo reportado por otros investigadores. La germinación fue similar a otros estudios, así como el peso de grano y densidad. Por lo anterior, la biomasa y el grano producido en el presente estudio cumple con los indicadores de rendimiento de materia seca y calidad de grano para ser utilizado como semilla en siembras posteriores.



## Referencias

- Béjar, H. M., Ammar, K. 2007. Triticale una alternativa para el norte de México. CIMMYT-CiReNa. Consultado el 14 de enero de 2021 de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/triticale-alternativa-norte-mexico-t27023.htm>
- Castro, De la C. R. 2018. Variables productivas en el cultivo de triticale (*X. triticosecale* Witt.) a diferentes periodos de corte. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2008. *Info Stat, ver 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gómez, V. M. G. 2014. Rendimiento y valor nutritivo del cultivo de triticale (*X. triticosecale* Witt.) a diferentes fechas de corte en el Rancho El Carmen. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2002. Triticales de hábito de crecimiento invernal para pastoreo y doble propósito, en las áreas de riego de Chihuahua.
- INEGI. 2009. Anuario Estadístico del estado de Durango. Gobierno del estado de Durango. P. 469.
- Miranda-Domínguez, L. E., C. López-Castañeda, I. Benítez-Riquelme y J. A. Mejía-Contreras. 2016. Desarrollo radical y rendimiento en diferentes variedades de trigo, cebada y triticale bajo condiciones limitantes de humedad del suelo. *Terra Latinoamericana* 34: 393-407.
- Mendoza, E. M., Cortez, B. E., Rivera, R. J. G., Rangel, L. J. A., Andrio, E. E., Cervantes, O. F. 2011. Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2):309-316.
- Navarrete, R. D. 2015. Rendimiento y calidad de grano en líneas experimentales de cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.). Tesis Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo. México. 84 p.
- Paccapelo, H., Ferreira, V., Picca, A., Ferrari, E., Domínguez, R., Grassi, E., Ferreira, A., Di Santo, H., Castillo, E. 2017. Triticale (*X. triticosecale* Wittmack): Rendimiento y sus componentes en un ambiente semiárido de la Argentina. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., exAgro-Ciencia* (2017) 33(1): 45-58.
- Pfeiffer, W. H. 1994. Triticale: Potential and research status of a manmade cereal crop. Background Material for the Germoplasm Improvement Subprogram. External review. Cd. Obregón, Son. Wheat Program. pp. 82-92. 1994. México, D.F. CIMMYT.
- SAS Institute Inc. 2014. SAS/STAT, Ver. 9.3 User Guide. Cary, NC.
- Steel, R., and Torrie, J. 1980. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. Michigan, E.U.A.: McGraw-Hill.
- SIAP. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México, Consultado en septiembre de 2022 en <http://www.siap.sagarpa.mx/>
- Velasco, L. J. L., Soto, O. R., Ail, C. C. E., Grimaldo, J. O., Avilés, M. J. M., Lozano, R. A. J. 2020. Rendimiento de biomasa y grano en variedades de triticale en el valle de Mexicali. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* Vol 11 (5).



## EFFECTO DE MICROTUNELES DE POLIPROPILENO Y ACOLCHADO CON PLÁSTICOS DE COLORES EN EL VIRUS DEL AMARILLAMIENTO Y ACHAPARRAMIENTO DE LAS CUCURBITÁCEAS EN MELÓN

Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia<sup>1\*</sup>, Arturo Gaytán-Mascorro<sup>2</sup>, José Alfredo Samaniego-Gaxiola<sup>1</sup>, David G. Reta-Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440. Matamoros, Coah. <sup>2</sup>UAAAntonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carr- Delicias-Rosales. C.P. 33000. Delicias, Chih. \*Autora de correspondencia: chew.yazmin@inifap.gob.mx

### Introducción

En fechas de siembra tardías de melón en la Región Lagunera, las plagas y enfermedades son un factor que afectan la producción y calidad del fruto. El virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV-cucurbit yellow stunting disorder virus) transmitido por la mosquita blanca *Bemisia argentifolii*, se presenta desde las primeras etapas de desarrollo del cultivo (Chew et al., 2009; Chew et al, 2017). Para el control del insecto, se realizan semanalmente hasta dos aplicaciones de insecticidas; lo que incrementa los costos de producción del cultivo. Una medida alternativa para el manejo del vector, sería el uso microtuneles de agribón que actúan como barrera física temporal e impiden que los vectores lleguen al cultivo, complementado con acolchado con plásticos de colores que, debido a sus propiedades ópticas, han tenido un efecto de reducción en el número de insectos, incidencia de enfermedades, e incremento en el rendimiento en sandía (Andino & Motsenbocker, 2004; Gaytan et al, 2017). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los microtuneles y el acolchado con plásticos de colores en la incidencia del CYSDV en melón en fecha tardía.

### Materiales y métodos

El experimento fue realizado en el INIFAP-Campo Experimental La Laguna en Matamoros, Coahuila. Los tratamientos fueron microtúneles de polipropileno o agribón y acolchado con plásticos de colores: naranja, negro, plata, rojo, verde, blanco, azul y sin acolchar; distribuidos en bloques completos al azar con tres repeticiones. El trasplante fue el 14 de septiembre de 2017 con el híbrido Origami. Los microtuneles fueron colocados después del trasplante y retirados a inicio de floración (33 días después del trasplante). Las variables fueron. Cuento directo de mosquita blanca. Registro del número de adultos en la quinta hoja (en la guía principal, del ápice hacia abajo) en tres plantas por repetición por tratamiento; fue iniciado al retirar los microtuneles. Incidencia de CYSDV. Porcentaje de plantas con síntomas del virus en relación al total en relación al total de plantas establecidas por tratamiento a partir de los 33 ddt y hasta inicio de cosecha. Fue realizado un análisis de varianza, previa transformación de los datos de mosquita blanca a  $\sqrt{x + 0.5}$ , y los de incidencia a  $\arcseno \sqrt{incidencia}$ . Cuando fueron detectadas diferencias entre tratamientos, fueron sometidos a separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.



## Resultados y discusión

La mayor cantidad de mosquitas blancas fue registrada a los 33 ddt y 39 ddt, y fue disminuyendo gradualmente con el ciclo de cultivo. Pero fue en el periodo de los 47 a 63 ddt cuando hubo diferencias significativas por color de plásticos en la población de insectos; éstas diferencias en población, pudieron deberse a las características ópticas de los plásticos (Cuadro 1).

Los primeros síntomas del CYSDV fueron observados a los 39 ddt en plástico negro y sin acolchar, posteriormente se detectó en los otros colores de plásticos, esto debido al período de incubación que requiere el virus antes de que los síntomas sean evidentes (Cuadro 2). En fechas de siembra tardías, la mayoría de las mosquitas blancas son portadoras del virus; por lo que no se requiere una gran población para que infecten al cultivo, aunque su población no sea abundante. Esta dinámica, tiene relación con las actividades de cosecha y de permanencia de las huertas de melón a nivel comercial. A partir de la segunda quincena de octubre, muchas huertas ya están finalizando su ciclo, migrando el insecto a otras áreas de cultivo o a especies arvenses.

Cuadro 1. Adultos de mosquitas blancas en melón cv. Origami establecido en una fecha de siembra tardía con acolchado con plásticos de colores y microtuneles de polipropileno. Región Lagunera. INIFAP-CELALA 2017.

Tratamiento	Días después del trasplante (ddt)				
	33	39	47	53	62
Sin acolchado	6.11	12.67	11.44 a†	9.33 a	1.33 a
Naranja	6.44	7.44	6.22 ab	2.22 cd	0.00 b
Negro	12.78	11.56	5.33 ab	1.89 d	0.00 b
Plata	9.89	6.33	3.78 b	3.00 bcd	0.44 ab
Rojo	11.67	11.11	11.78 a	4.44 bc	0.44 ab
Verde	8.11	5.33	2.11 b	3.00 bcd	0.89 ab
Blanco	7.56	7.78	3.89 b	4.56 b	1.22 a
Azul	6.78	6.00	3.78 b	4.44 b	0.56 ab

†Medias de los tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Hubo diferencias estadísticas en la incidencia del CYSDV entre los plásticos en el periodo 47 a 62 ddt; con valores más altos en el tratamiento sin acolchar. Posteriormente, ya no hubo diferencias entre los tratamientos; sin embargo, destaca el color naranja con menor incidencia (Cuadro 2), y severidad (porcentaje de follaje afectado) en ese tratamiento (datos no presentados). Con los datos obtenidos, se puede determinar que las características ópticas de los plásticos de diferente color, tuvieron influencia en la cantidad de mosquitas blancas y en la incidencia del CYSDV en melón.



Cuadro 2. Incidencia (%) del virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV) en melón cv. Origami establecido en una fecha de siembra tardía con acolchado con plásticos de colores y microtúneles de polipropileno. Región Lagunera. INIFAP-CELALA 2017.

Tratamiento	Días después del trasplante (ddt)				
	33	39	47	53	62
Sin acolchado	0.0	2.4	2.4 ab†	2.4 ab	11.4 c
Naranja	0.0	0.0	0.0 b	3.3 ab	15.6 abc
Negro	0.0	2.2	5.6 a	7.8 a	34.8 ab
Plata	0.0	0.0	4.1 ab	5.4 ab	15.7 abc
Rojo	0.0	0.0	0.0 b	0.0 b	36.1 a
Verde	0.0	0.0	0.0 b	4.6 ab	9.2 c
Blanco	0.0	0.0	1.2 ab	4.6 ab	15.0 bc
Azul	0.0	0.0	0.0 b	7.5 a	21.3 abc

†Medias de los tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

## Conclusión

El acolchado con plásticos de colores y los microtuneles de polipropileno, pueden ser considerados como componentes para el manejo del virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV) en fechas tardías de melón en la Comarca Lagunera.

## Referencias

- Andino, J.R. & C.E. Motsenbocker. (2004). Colored plastic mulches influence cucumber beetle populations, vine growth, and yield of watermelon. *HortScience* 39(6):1346-1249.
- Chew, M.Y.I., A. Vega P., M. Palomo R., & F. Jiménez D. (2009). Enfermedades del melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes fechas de siembra en la Región Lagunera. *Revista Chapingo serie Zonas Áridas*. 7:133-138
- Chew, M.Y.I., A. Gaytan M., & J.A. Samaniego G. (2017). Enfermedades del melón en fechas de siembra tardías en la Comarca Lagunera. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Laguna. Desplegable para Productores No. 30. Matamoros, Coah.
- Gaytan, M. A., Y.I. Chew M., D.G. Reta S. & J.A. Samaniego G. (2017). Uso de microtuneles y acolchados con plásticos de colores para extender la temporada productiva de melón en fecha tardía en la Comarca Lagunera. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Laguna. Desplegable para Productores No. 31. Matamoros, Coah.



## MILDIÚ VELLOSO EN MELÓN CON MICROTUNELES Y ACOLCHADO CON PLÁSTICOS DE COLORES

Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia<sup>1\*</sup>, Arturo Gaytán-Mascorro<sup>2</sup>, José Alfredo Samaniego-Gaxiola<sup>1</sup> y Rodolfo Velasquez-Valle<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440. Matamoros, Coah. <sup>2</sup>UAAntonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas Km. 32.5 C.P. 20671. Pabellón de Arteaga, Ags. \*Autora de correspondencia: chew.yazmin@inifap.gob.mx

### Introducción

Los sistemas de producción de melón en fecha tardía en la Región Lagunera se caracterizan por bajos rendimientos, poca calidad de fruto, periodo corto de cosecha y altos costos de producción. Los costos se incrementan debido al control, principalmente químico, de plagas y enfermedades, que pueden ocasionar pérdidas del 30-60% y están asociadas con la mosquita blanca *Bemisia argentifolii* que transmite el virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas (CYSDV), la cenicilla, el tizón foliar, y el mildiú vellosos (Chew et al., 2017; Nava et al., 2007). El mildiú vellosos (*Pseudoperonospora cubensis*), ataca a las cucurbitáceas y se presenta en la mayoría de las regiones productoras de estos cultivos a nivel nacional y mundial. Causa daños severos, que inician con pequeñas manchas cloróticas en las hojas basales hasta cubrir todo el follaje, ocasionando la muerte de las hojas, y dejando al descubierto los frutos que pueden ser dañados por el sol, afectando su desarrollo y calidad (Savory et al., 2011). Una opción para tener un sistema rentable, y tener un escape al ataque de plagas y enfermedades en fecha tardía, es con la combinación de componentes de manejo como el uso de plásticos y sistemas de protección. Los beneficios en crecimiento y desarrollo de las plantas con el acolchado de colores y sistemas de protección han sido relacionados con incrementos en temperatura, y manejo de plagas y enfermedades. Los plásticos de colores justifican su uso si tiene beneficios en productividad, rentabilidad y control sobre insectos y enfermedades. En la Región Lagunera existen pocos trabajos de investigación en fechas tardías para el manejo de problemas fitosanitarios con plásticos de colores y sistemas de protección, bajo ningún sistema de producción ya sea a campo abierto o en condiciones protegidas. El objetivo de este estudio fue evaluar la incidencia del mildiú en un sistema de producción de melón con microtuneles de agribón (polipropileno) y acolchado con plásticos de colores en fecha tardía.

### Materiales y métodos

El experimento se estableció en el INIFAP-CELALA, en Matamoros, Coahuila. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron los plásticos de colores (negro, naranja, rojo, azul, plata, blanco, verde) más un tratamiento sin acolchado.





El trasplante se realizó el 14 de septiembre de 2017 con el híbrido Expedition. Como sistema de protección temporal, se usaron microtuneles de agribón (60 cm de alto por 90 cm de ancho), que se colocaron después del trasplante. Los microtuneles se mantuvieron hasta inicio de la floración.

Para la incidencia del mildiu veloso, fueron realizados cinco muestreos a partir de los 33 días después del trasplante (ddt) y hasta el inicio de cosecha (62 ddt). Fue registrado el número de plantas con síntomas de la enfermedad en relación al total de las establecidas en cada tratamiento. Como el propósito de este trabajo no fue evaluar fungicidas para el control del mildiu veloso, se siguió un calendario de aplicaciones de productos para ésta y otras enfermedades que se presentaron, así como para el manejo de la mosquita blanca.

## Resultados y discusión

Los primeros síntomas del mildiu veloso, se observaron a los 53 ddt. Se presentaron diferencias en la incidencia de mildiú en los acolchados utilizados. La mayor incidencia fue en el acolchado blanco con un 16.2% y en el acolchado con plástico rojo no se observaron síntomas de la enfermedad (Figura 1).

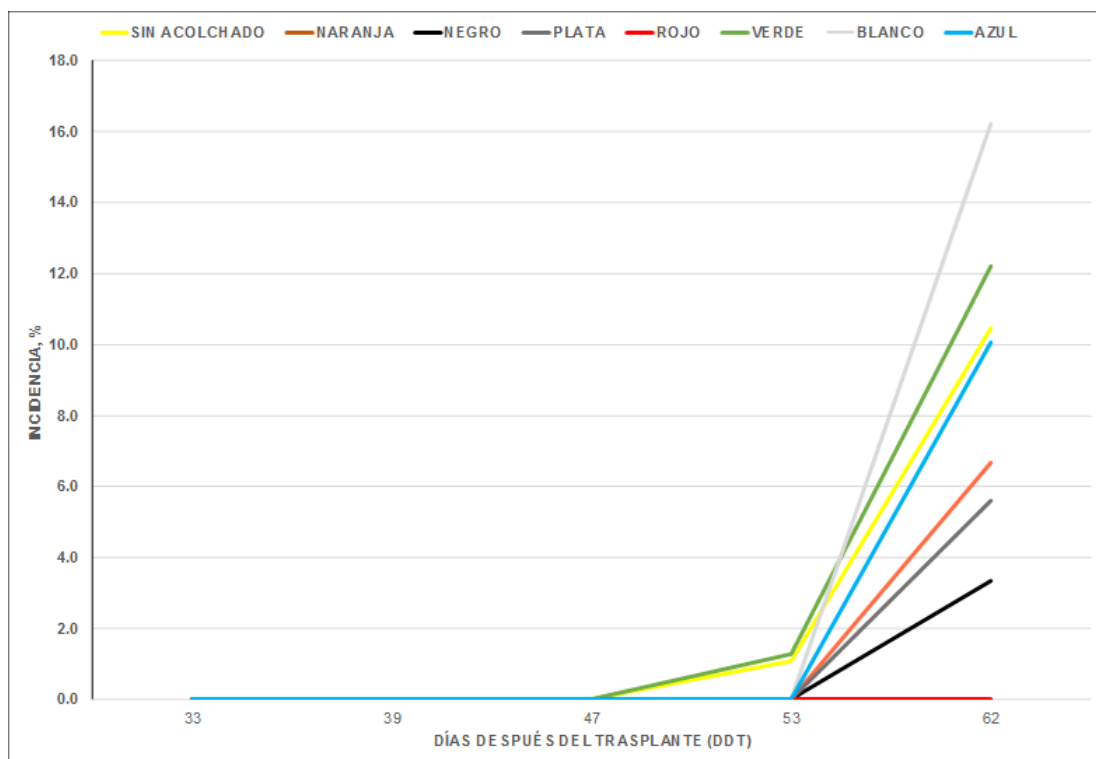


Figura 1. Incidencia del mildiu veloso en melón en un sistema de producción con microtuneles de agribón y acolchado con plásticos de colores. Otoño-invierno 2017. INIFAP-CELALA.



La diferencia de la incidencia del mildiu veloso entre los plásticos puede deberse a las propiedades de éstos en cuanto a la cantidad y calidad de luz reflejada a las plantas y a su posible efecto en el desarrollo de la enfermedad. El hecho de tener bajos porcentajes de incidencia de mildiu veloso, puede deberse a la aplicación de fungicidas durante el ciclo del cultivo; sin embargo, hubo diferencias entre los colores de los plásticos evaluados. Este resultado es de significancia por las implicaciones que se pueden tener al usar de manera combinada varios componentes de manejo para el control no solo de enfermedades sino de insectos en melón.

Los componentes a que se hace referencia son, el uso de sistemas de protección temporal o semipermanente (microtuneles o túneles bajos de agríbon), uso de acolchados con plásticos de colores y el menor número de aplicaciones de fungicidas. Con lo anterior se buscará contribuir a resolver un problema de producción de melón en fecha tardía como es el tamaño individual del fruto (Gaytan et al., 2017).

Con acolchado de color rojo se tuvo la menor incidencia de mildiu veloso, esto coincidió con porcentajes de reflexión de RFA (radiación fotosintéticamente activa) entre el 20y 30% (datos no presentados); en contraste, con el acolchado de color blanco se tuvo un porcentaje de absorción de RFA entre 40 y 50%, y fue el que tuvo mayor reflectancia de luz (datos no presentados).

Andino y Montsenbocker (2004), reportan que acolchados con plásticos de color rojo y plata están incrementando su uso a nivel comercial debido a los beneficios que tienen éstos y otros acolchados de colores, en la cantidad y calidad de luz reflejada al dosel de las plantas. Estos mismos autores mencionan que el efecto del color de los plásticos es temporal, y como hipótesis, que el efecto de la luz en plantas jóvenes persiste en la planta aun después de que las guías han cubierto el plástico (acolchado); se infiere que después que la planta ha cubierto el bordo o cama donde crece la planta.

## **Conclusión**

Con el uso de acolchados de plásticos de colores y microtuneles de agríbon, se pueden tener beneficios para el control de enfermedades en melón en fecha tardía en la Comarca Lagunera.



## Referencias

- Andino, J.R. & C.E. Motsenbocker. (2004). Colored plastic mulches influence cucumber beetle populations, vine growth, and yield of watermelon. *HortScience* 39(6):1346-1249.
- Chew, M.Y.I., A. Vega P., M. Palomo R., & F. Jiménez D. (2008). Enfermedades del melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes fechas de siembra en la Región Lagunera. México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 7(2):133-138.
- Chew, M.Y.I., A. Gaytán M., & J.A. Samaniego G. (2017). Enfermedades del melón en fechas de siembra tardías en la Comarca Lagunera. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Laguna. Desplegable para Productores No. 30. Matamoros, Coah.
- Gaytán-Mascorro, A., Y.I. Chew-Madinaveitia, D.G. Reta-Sánchez & J.A. Samaniego-Gaxiola. (2017). Efecto de seis sistemas de protección sobre el tamaño del fruto en híbridos comerciales de melón en fecha tardía en la Comarca Lagunera. Pp. 500-507. En: J.M. Vázquez N., M.J. López C., R. Soto G., y S.Y. Camacho R. (eds.). Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo.
- Nava, C.U., Y.I. Chew M., & P. Cano R. 2007. Etiología, epidemiología y manejo del amarillamiento del melón en la Comarca Lagunera. Pp. 10-28. En: L.A. Maldonado N. y G.A. Fieros L. (eds.). Estrategias de manejo integrado de mosquita blanca y virosis en cucurbitáceas. Memoria Técnica 26. SAGARPA-INIFAP-CIRNE-CE Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.
- Savory, E.A., L.L. Granke, L.M. Quesada-Ocampo, M. Varbanova, M.K. Hausbech, & B. Day. 2011. The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology* 12(3):217-226.



## ***Trichoderma* spp COMO TRATAMIENTO A LA SEMILLA DE ALFALFA PARA EL MANEJO DE *Rhizoctonia solani* Y *Fusarium* spp**

Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia<sup>1\*</sup>, Arturo Gaytán-Mascorro<sup>2</sup>, José Alfredo Samaniego-Gaxiola<sup>1</sup>, Rodolfo Velásquez Valle<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 Pte. Col. Centro. C.P. 27440. Matamoros, Coah. <sup>2</sup>UAAAntonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas Km. 32.5 C.P. 20671. Pabellón de Arteaga, Ags. \*Autora de correspondencia: chew.yazmin@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En la Región Lagunera, la pudrición de la corona es la enfermedad más frecuente. Los principales organismos causales son *Fusarium* spp y *Rhizoctonia solani* (Chew, 1999). Debido a que es una enfermedad ocasionada por varios organismos, su manejo no es sencillo, ya que no se cuenta con variedades tolerantes a todos los fitopatógenos que la causan, por lo que es necesario buscar alternativas, aparte de las culturales y genéticas para su manejo. Una alternativa es el control biológico, que en cultivos como hortalizas y ornamentales ha tenido éxito, al incorporar al hongo antagonista *Trichoderma* spp para el control de *R. solani* y *Fusarium* spp (Chet, 1987). Debido a esto, se planteó evaluar aislamientos de *Trichoderma* spp como tratamiento a la semilla de alfalfa para el manejo de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp

### **Materiales y métodos**

Se utilizaron dos productos comerciales (Mycobac® y Camargo) y un aislamiento (T8) del suelo de la región. Se realizó una suspensión de esporas de cada aislamiento (90 millones ufc ml<sup>-1</sup>+0.1% carboximetilcelulosa). Se agregó 60 ml de la suspensión por kilogramo de semilla de alfalfa. La semilla variedad Excelente, previamente inoculada, se sembró en un predio comercial del municipio de Gómez Palacio, Dgo. en diciembre de 2002, a una densidad de 40 kg ha<sup>-1</sup>. Los tres tratamientos y un testigo (semilla sin inocular) se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Variables: Densidad poblacional y rendimiento en seco.

### **Resultados y discusión**

**Densidad de población.** En los dos primeros conteos, hubo diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ). Mycobac®, tuvo el mayor número de plantas, después T8. En relación al testigo, se obtuvo un incremento de 23.3 y 23.1% en el primero y segundo muestreos, respectivamente con Mycobac® y con T8, 20.0 y 21.0% (Cuadro 1). La aplicación de *Trichoderma* spp a la semilla protege a la plántula contra la muerte pre y postemergente. En los dos últimos conteos, no se presentaron diferencias estadísticas, aun así, en la semilla tratada, hubo un mayor número de plantas que en el testigo (Cuadro 1).



La población de plantas a finales de año, disminuyó considerablemente en todos los tratamientos. A mediados de octubre se presentaron lluvias, que coincidieron con el riego, lo que ocasionó pérdida de plantas y retardo en el desarrollo de las mismas.

**Rendimiento.** Existen diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos en los primeros tres cortes, en el promedio por corte y en el acumulado en el forraje seco (Cuadros 2). El mejor tratamiento fue Mycobac® y después T8. El aislamiento Camargo, aunque fue estadísticamente igual que en el testigo, en la mayoría de los cortes tuvo un rendimiento un poco mayor que en el testigo (Cuadros 2).

Cuadro 1. Densidad de población de plantas de alfalfa en los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Muestreos			
	15 enero	22 enero	8 julio	10 noviembre
	-----plantas m <sup>2</sup> -----			
Mycobac®	959.50a	1001.25a	480.00	162
T8	924.25ab	982.00a	455.20	153
Camargo	830.00 bc	872.75ab	449.20	142
Testigo	736.00 c	769.50 b	446.70	135
C.V.	8.56	11.31	13.39	10.03

<sup>1</sup>. Valores en cada columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DMS,  $P < 0.05$ ).

Cuadro 2. Efecto de aislamientos de *Trichoderma* spp en el rendimiento de forraje seco por corte, promedio y acumulado.

Tratamientos	Cortes							Promedio	Acumulado
	18 marzo	28 abril	27 mayo	3 julio	8 ago	9 sept	5 nov		
	-----kg m <sup>2</sup> -----								
Mycobac®	0.257a <sup>1</sup>	0.267ab	0.327a	0.401	0.258	0.321	0.107	0.277a	1.939a
T8	0.229ab	0.276a	0.304a	0.398	0.239	0.311	0.105	0.266a	1.866a
Camargo	0.206b	0.235 c	0.289ab	0.359	0.238	0.312	0.103	0.249ab	1.746ab
Testigo	0.187b	0.241bc	0.248 b	0.360	0.229	0.272	0.096	0.233 b	1.637 b
C.V.	14.17	6.51	10.10	9.56	10.04	8.27	11.67	7.66	7.66

<sup>1</sup>. Valores en cada columna con la misma literal son estadísticamente iguales (DMS,  $P < 0.05$ ).

La aplicación a la semilla del hongo antagonista *Trichoderma* spp, se reflejó en un mayor porcentaje de plantas establecidas, un incremento en el rendimiento en los tres primeros cortes de la alfalfa. Posteriormente, ya no se presentaron diferencias estadísticas, pero si en el rendimiento promedio de corte y en el acumulado. El incremento en estas variables, puede considerarse como un indicativo de que el daño en las coronas de las plantas ocasionado por la pudrición de la corona fue menor, o que el desarrollo de los organismos causales fue más lento.



## Conclusiones

El tratamiento a la semilla con *Trichoderma* sp incrementa el porcentaje de plántulas establecidas, y el rendimiento de forraje. El producto Mycobac® y el aislamiento T8 de la Región Lagunera, fueron estadísticamente diferentes al testigo, en la densidad de población de plantas y el rendimiento seco de la alfalfa.

## Referencias

- Chet, I. (1987). Trichoderma-application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi. Pp. 137-160. In: Innovative approaches to plant disease control. I. Chet (ed). Willey and Sons. New York, USA.
- Chew, M. Y. I. 1999. Enfermedades de la alfalfa en la Región Lagunera. Revista Mexicana de Fitopatología 17(1):37-43



## CIRCUNFERENCIA ESCROTAL EN CAPRINOS JÓVENES DE LAS RAZAS ALPINA, SAANEN, NUBIA Y BOER

Jorge Urrutia-Morales<sup>1</sup>, Francisco Santiago-Hernández<sup>1\*</sup>, Jesús Humberto Chávez-Ruiz<sup>2</sup>, Héctor Raymundo Vera-Ávila<sup>2</sup>, Jorge Sánchez-Ortega<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Campo Experimental San Luis, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <sup>2</sup>Especialidad en Nutrición y Reproducción de Ovinos y Caprinos, Facultad de Ciencia Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. <sup>3</sup>Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino del Estado de San Luis Potosí. \*Autor de correspondencia: santiago.francisco@inifap.gob.mx

### Introducción

El uso de machos que son seleccionados por sus características fenotípicas, sin poner atención a sus características reproductivas o calidad seminal, podría contribuir a los pobres rendimientos reproductivos de los rebaños. Para obtener elevados rendimientos productivos, además de seleccionar machos genéticamente superiores, es importante contar con métodos que permitan predecir a edad temprana el potencial reproductivo de los machos que serán utilizados como sementales.

La circunferencia escrotal (CE), constituye una medida objetiva para evaluar la capacidad de un futuro reproductor, debido a que está fuertemente relacionada con la capacidad espermatogénica y con el volumen y calidad seminal (Kumar Kabiraj et al., 2011; Ajani et al., 2015; Kumbhar et al., 2019); por eso constituye un buen predictor de la capacidad reproductiva de un macho. En el caso de los caprinos domésticos, hay poca información sobre el desarrollo testicular y por lo tanto del cambio en la circunferencia escrotal de machos jóvenes, que sirva de referencia para su selección temprana como reproductores. El objetivo del presente estudio fue obtener valores de circunferencia escrotal en machos jóvenes de las razas Alpina, Saanen, Nubia y Boer, que puedan ser utilizados como referencia en los procesos de selección de machos reproductores.

**Palabras clave:** *Caprinos, Circunferencia escrotal, Tamaño testicular.*

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino del Estado de San Luis Potosí, ubicado en el municipio de Soledad, San Luis Potosí (22° 10' 59" N, 100° 56' 27" O). Para el estudio se utilizaron 652 registros de machos de las razas Alpina (N=119), Boer (N=205), Nubia (N=263) y Saanen (N= 64) de edades entre 14 hasta 208 días. Se obtuvieron mediciones de circunferencia escrotal a intervalos de alrededor de 30 días, considerando todos los animales nacidos en el Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino entre enero de 2018 y marzo de 2019.



Los animales se mantuvieron en confinamiento desde el nacimiento hasta finalizar el estudio. El destete se realizó en promedio a los 60 días de edad y posteriormente fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y concentrado comercial en cantidades variables según la edad. La circunferencia escrotal (CE) fue medida con una cinta flexible a nivel del diámetro mayor del escroto, después de desplazar ambos testículos al fondo de la bolsa escrotal, manteniéndolos en posición paralela. Únicamente se consideraron aquellos machos con testículos simétricos. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico JMP Start Statistics (SAS Institute, 2004). Se evaluaron los efectos de edad y raza con un modelo mixto, en el que se incluyó la raza como efecto fijo y la edad como efecto aleatorio con el programa FITMODEL. Se realizaron análisis de regresión entre edad y circunferencia escrotal para las cuatro razas en conjunto y para cada raza.

## Resultados y discusión

La circunferencia escrotal aumentó gradualmente a partir del nacimiento y hasta el final del periodo experimental (Figura 1). Se encontró una relación curvilínea de la CE con la edad ( $r^2=0.718$ ;  $P<0.0001$ ). La CE se incrementó del nacimiento a los 150 días de edad y a partir de ese punto, el incremento se redujo gradualmente hasta llegar a ser muy pequeño a los 200 días de edad. Estos resultados concuerdan con lo observado en caprinos (Bongso et al., 1982) y en ovinos (Koyunku et al., 2005). Los efectos de raza y edad fueron altamente significativos ( $P<0.0001$ ), mientras que la interacción mostró una tendencia a ser significativa ( $P=0.06$ ).

La CE (Fig. 2) en las razas Alpina y Saanen se incrementó rápidamente hasta alrededor de los 150 días de edad; en contraste, en las razas Boer y Nubia continuó aumentando aún después de los 200 días de edad. La raza Saanen alcanzó una CE de alrededor de 22 cm aproximadamente a los 100 días, mientras que las razas Alpina, Nubia y Boer, necesitaron de 150, 170 y 160 días, respectivamente para alcanzar la misma CE. Además, la Saanen fue la única raza que a los 145 días de edad alcanzó una CE de 25 cm. La máxima CE que alcanzaron las razas Saanen, Boer, Nubia y Alpina durante el estudio fue de 25.0, 24.1, 23.7 y 22.5 cm alrededor de los 200 días de edad, respectivamente. Bongso et al. (1982) observaron similares resultados en machos cruzados con las razas Saanen y Jamnapari.

Parece haber una edad en la que la velocidad con que el tamaño testicular aumenta se reduce gradualmente (punto de inflexión). En las razas Alpina y Saanen esta disminución ocurrió alrededor de los 100 días de edad, mientras que en la Boer ocurrió alrededor de los 150 días de edad y en la raza Nubia cercano a los 200 días de edad (Fig. 2). En el Cuadro 1 se muestran los intervalos de confianza para CE en machos de las cuatro razas a distintas edades.



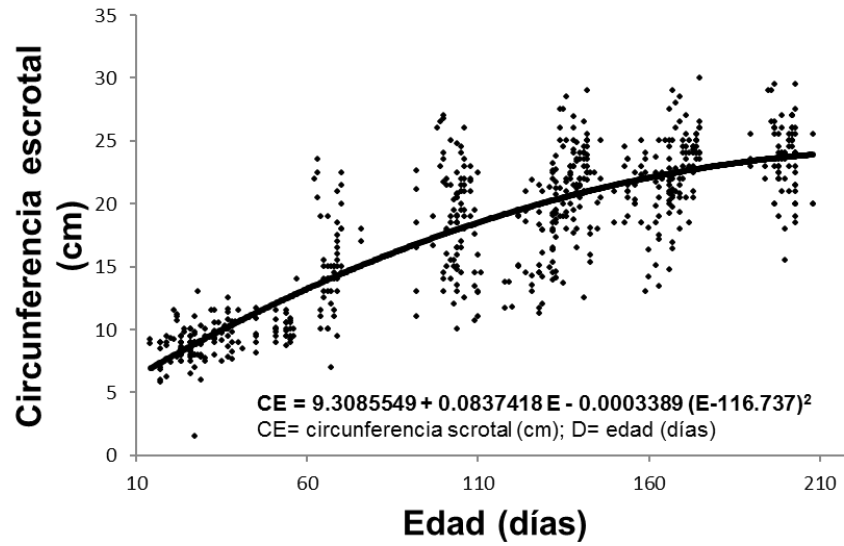
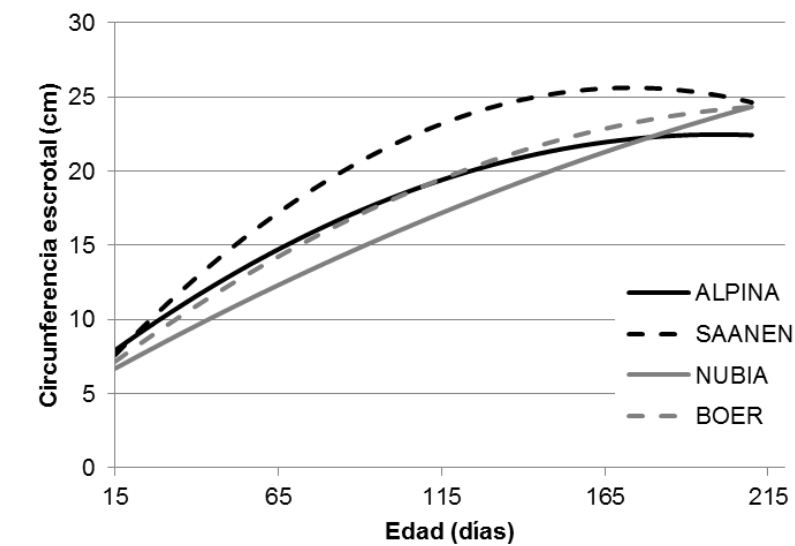


Figura 1.- Ajuste polinomial de la circunferencia escrotal por la edad de machos caprinos.



$$CE_{Alpina} = 11.092906 + 0.0722536 E - 0.0004256 (E-115.008)^2$$

$$CE_{Saanen} = 15.054816 + 0.0711196 E - 0.0007215 (E-123.719)^2$$

$$CE_{Nubia} = 6.7927674 + 0.0903534 E - 0.000152 (E-113)^2$$

$$CE_{Boer} = 10.014966 + 0.0823159 E - 0.000369 (E-120.356)^2$$

CE= Circunferencia scrotal (cm); E= Edad (días)

CE= Circunferencia escrotal; E= Edad (días)

Figura 2.- Curvas y ecuaciones de regresión polinomial entre edad y circunferencia escrotal en caprinos jóvenes de las razas Alpina, Saanen, Nubia y Boer.



Cuadro 1.- Intervalos de confianza (95 %) para valores de circunferencia escrotal (cm) en machos de las razas Alpina, Saanen, Nubia y Boer a distintas edades.

Edad	Alpina	Saanen	Nubia	Boer
30	9.9-10.4	10.3-11.4	8.3-8.6	9.2-9.7
40	11.3-11.9	12.1-13.5	9.4-9.8	10.6-11.3
50	12.5-13.3	13.8-15.6	10.4-11.0	11.9-12.7
60	13.6-14.6	15.3-17.4	11.4-12.1	13.1-14.1
70	14.7-15.9	16.7-19.2	12.4-13.2	14.3-15.4
80	15.7-17.0	18.0-20.8	13.4-14.3	15.3-16.7
90	16.6-18.1	19.1-22.2	14.3-15.4	16.3-17.8
100	17.4-19.0	20.0-23.5	15.2-16.4	17.3-18.9
110	18.1-19.9	20.8-24.7	16.1-17.4	18.1-19.9
120	18.8-20.7	21.5-25.7	16.9-18.3	18.9-20.9
130	19.3-21.5	22.0-26.6	17.8-19.2	19.6-21.8
140	19.8-21.1	22.4-27.3	18.5-20.1	20.2-22.6
150	20.2-22.6	22.6-27.9	19.3-21.0	20.8-23.3
160	20.5-23.1	22.7-28.3	20.0-21.8	21.3-23.9
170	20.7-23.5	22.6-28.6	20.7-22.6	21.7-24.5
180	20.8-23.8	22.4-28.8	21.3-23.4	22.0-25.0
190	20.9-24.0	22.1-28.8	22.0-24.1	22.3-25.4
200	20.8-24.1	21.6-28.6	22.6-24.8	22.5-25.8

## Conclusiones

La circunferencia escrotal aumentó rápidamente del nacimiento hasta una edad de entre 100 y 150 días, con diferencias entre razas. Dado que la selección de machos con fines reproductivos se realiza a edad temprana, los datos del presente estudio pueden ser utilizados como referencia para pre-seleccionar machos antes de los siete meses de edad.

## Agradecimientos

Se agradece al personal del Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino del Estado de San Luis Potosí.



## Referencias

- Ajani OS, Oyeyemi MO, Moyinoluwa OJ. 2015. Correlation between age, weight, scrotal circumference and the testicular and epididymal parameters of Red Sokoto bucks. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health* 7(5):159-163. DOI: 10.5897/JVMAH2014.0303
- Bongso, T.A., Jainudeen, M.R., Zahrah, A.S. 1982. Relationship of scrotal circumference to age, body weight and onset of spermatogenesis in goats. *Theriogenology* 18:513-524. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(82\)90184-4](https://doi.org/10.1016/0093-691X(82)90184-4)
- Kabiraj, K. S., Hoque, M. S. A., Khandoker, M. A. M., Husain, S.S. 2011. Testicular biometry and its relationship with body weight and semen output of Black Bengel bucks in Bangladesh. *Journal of Cell and Animal Biology* 5(2):27-32. <https://doi.org/10.5897/JCAB.9000146>
- Koyuncu, M., Kara U.S., Ozis, S., Duru, S. 2005. Development of testicular dimensions and size, and their relationship to age and body weight in growing Kivircik (Western Thrace) ram lambs. *Czech J. Anim. Sci.*, 50(6): 243–248. <https://doi.org/10.17221/4164-CJAS>
- Kumbhar, U., Gulavane, S., Gaikwad, S., Lokhande, D., Ingole, S., & Sachdeva, G. (2017). Relationship of Ultrasonographic Testicular Biometry with Body Weight, Scrotal Circumference in Pre and Post Pubertal Osmanabadi Bucks. *International Journal of Livestock Research*, 7(11), 206-214. doi: 10.1007/s11250-019-01834-0.



## **CURVAS DE CRECIMIENTO EN MACHOS CAPRINOS DE LAS RAZAS ALPINA, SAANEN, NUBIA Y BOER EN CONDICIONES DE CONFINAMIENTO**

Jorge Urrutia-Morales<sup>1</sup>, Francisco Santiago-Hernández<sup>1\*</sup>, Jesús Humberto Chávez-Ruiz<sup>2</sup>, Héctor Raymundo Vera-Ávila<sup>2</sup>, Jorge Sánchez-Ortega<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Campo Experimental San Luis, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; <sup>2</sup> Especialidad en Nutrición y Reproducción de Ovinos y Caprinos, Facultad de Ciencia Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro; <sup>3</sup> Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino del Estado de San Luis Potosí. \*santiago.francisco@inifap.gob.mx

### **Introducción**

Las cabras son importante fuente de ingresos y alimentos para los pobladores de diversas regiones del México y de muchos otros países, especialmente para poblaciones de bajos ingresos. La mayoría de los rebaños muestran baja productividad y condiciones de crianza muy elementales. La productividad de los caprinos puede determinarse por la medición de diversas variables involucradas en la producción, tales como la tasa de crecimiento de las crías. Entre los factores que influyen el crecimiento de los cabritos se encuentran la raza, el peso al nacimiento, tamaño de camada, sexo y nutrición. El mayor crecimiento y la mayor acumulación de peso corporal en caprinos tienen lugar durante el periodo que precede a la madurez, describiendo una curva de tipo sigmoidea (Najari et al., 2007). Para conocer el patrón de crecimiento se utilizan herramientas conocidas como curvas de crecimiento, que incluyen el peso y edad (Waheed et al., 2016; Gautam et al., 2019). Las curvas de crecimiento sintetizan información de todo el periodo de vida en un conjunto de individuos de una especie o raza específica y permite identificar en una población de animales a los individuos más pesados a edades más tempranas (Freitas, 2005), lo cual es esencial para conocer el potencial productivo al momento de efectuar la preselección de machos con fines reproductivos (Pala *et al.*, 2005). Para ello es necesario contar con datos de referencia sobre los parámetros de crecimiento. El objetivo del presente estudio fue conformar curvas de las principales variables de crecimiento en machos caprinos de las razas Alpina, Saanen, Nubia y Boer.

**Palabras clave:** *Cabritos, Peso corporal, Desarrollo corporal.*

### **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino del Estado de San Luis Potosí, ubicado en el municipio de Soledad, San Luis Potosí (22° 10' 59" N, 100° 56' 27" O). Para el estudio se utilizaron 652 registros de machos de las razas Alpina (N=119), Boer (N=205), Nubia (N=263) y Saanen (N= 64) de edades entre 14 hasta 208 días. Se obtuvieron mediciones de peso y altura a la cruz a intervalos de alrededor de 30 días, considerando todos los animales machos nacidos en el Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino entre enero de 2018 y marzo de 2019. Los animales se mantuvieron en confinamiento desde el nacimiento hasta finalizar el estudio.



El destete se realizó en promedio a los 60 días de edad y posteriormente fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y concentrado comercial en cantidades variables según la edad. El peso corporal de los animales se registró con una báscula colgante de reloj hasta que los animales tuvieron tres meses de edad. Posteriormente, el peso se registró en una báscula de plataforma. La altura se midió verticalmente desde las primeras vértebras torácicas (cruz) hasta el suelo con una regla rígida con corredera perpendicular similar a un vernier. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico JMP Start Statistics (SAS Institute, 2004). Se evaluaron los efectos de edad y raza sobre las variables peso y altura a la cruz con un modelo mixto, en el que se incluyó la raza como efecto fijo y la edad como efecto aleatorio, con el programa FITMODEL. Se realizó análisis de regresión entre la variable independiente edad y las dependientes, peso vivo y altura a la cruz, considerando las cuatro razas en conjunto y cada una por separado.

## Resultados y discusión

Tanto el peso como la altura aumentaron gradualmente a partir del nacimiento y hasta el final del periodo experimental. Se encontraron relaciones curvilíneas entre edad y peso ( $r^2=0.56$ ;  $P<0.0001$ ) y entre edad y altura a la cruz ( $r^2=0.47$ ;  $P<0.0001$ ). Ambas variables se incrementaron gradualmente del nacimiento a los 200 días de edad, continuando con una tendencia ascendente (Figura 1), aunque la velocidad de aumento de peso tendió a reducirse alrededor de los 150 días, mientras que la altura continuó con una tendencia acelerada. Los efectos de raza y edad fueron altamente significativos en peso ( $P<0.0001$ ), mientras que la interacción entre raza y edad no fue significativa ( $P=0.068$ ). En la Figura 2 (izquierda) se muestran las curvas de regresión polinomial para peso en cada una de las cuatro razas. Se encontró que el punto de inflexión ocurrió alrededor del día 150 en las razas Alpina y Saanen, mientras que en las razas Nubia y Boer la ganancia de peso continuó aún después de terminado el estudio, a una edad de 205 días.

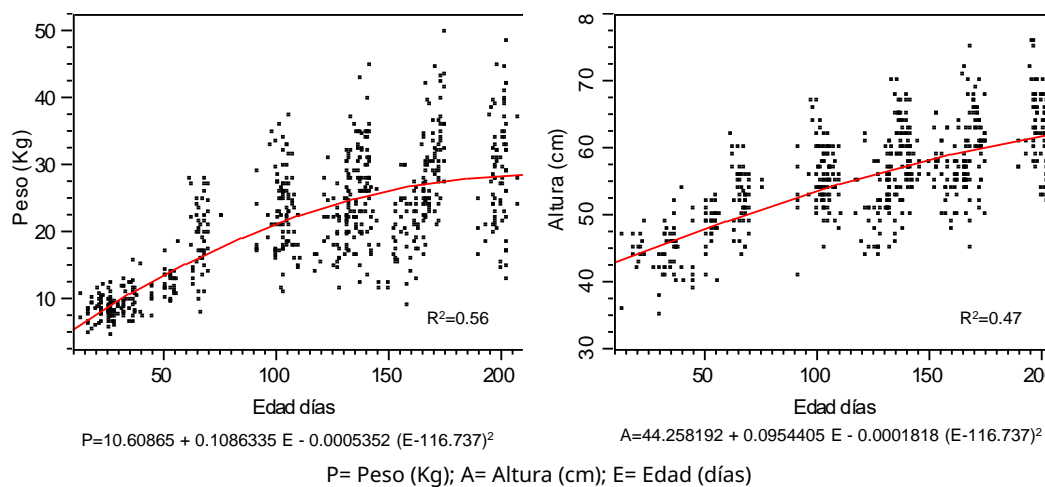
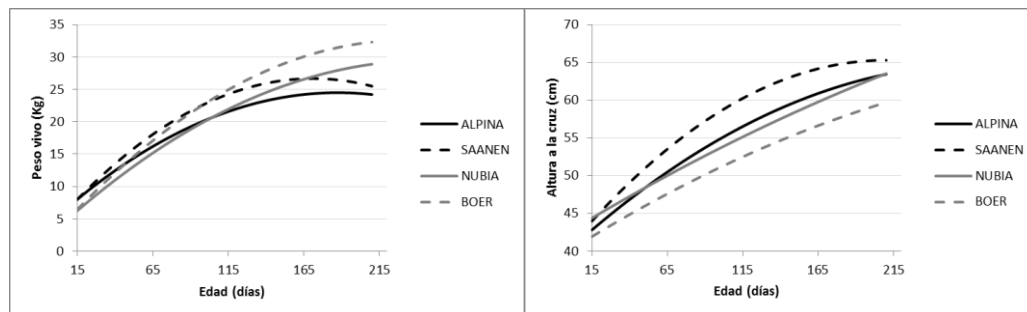


Figura 1.- Ajuste polinomial de altura y peso por la edad de machos caprinos.



Los efectos de raza y edad fueron altamente significativos en altura a la cruz ( $P < 0.0001$ ), mientras que la interacción entre raza y edad no fue significativa ( $P = 0.24$ ). En la Figura 2 (derecha) se muestran las curvas de regresión polinomial de altura en las cuatro razas. Se observó que las cuatro razas mostraron un crecimiento de tipo polinomial cuadrático, aunque con diferente patrón de crecimiento. En las razas Alpina, Saanen y Boer el crecimiento fue rápido al principio hasta la edad de  $\pm 180$  días, a partir de la cual la velocidad de crecimiento se redujo gradualmente; en cambio, en la raza Nubia la velocidad de crecimiento fue ascendente a lo largo de todo el periodo de estudio.



$$P_{\text{Alpina}} = 12.348581 + 0.080319 E - 0.0005548 (E - 115.008)^2$$

$$P_{\text{Saanen}} = 15.971888 + 0.0726521 E - 0.0007694 (E - 123.719)^2$$

$$P_{\text{Nubia}} = 8.6327873 + 0.11574 E - 0.0004304 (E - 113)^2$$

$$P_{\text{Boer}} = 10.696264 + 0.1240541 E - 0.0005521 (E - 120.356)^2$$

$$A_{\text{Alpina}} = 44.563805 + 0.1040289 E - 0.0003297 (E - 115.008)^2$$

$$A_{\text{Saanen}} = 49.190111 + 0.0965851 E - 0.0005618 (E - 123.719)^2$$

$$A_{\text{Nubia}} = 43.888931 + 0.0979512 E + 0.0000994 (E - 113)^2$$

$$A_{\text{Boer}} = 42.313719 + 0.0886926 E - 0.0001528 (E - 120.356)^2$$

P= peso (Kg); A=Altura (cm); E= Edad (días)

Figura 2.- Curvas y ecuaciones de regresión polinomial entre edad y peso en caprinos jóvenes de las razas Alpina, Saanen, Nubia y Boer.

## Conclusiones

Se concluye que los caprinos de las razas Alpina, Saanen, Nubia y Boer presentan curvas de crecimiento distintas, alcanzando pesos distintos al final del estudio. Las razas Alpina y Saanen muestran un crecimiento más acelerado, aunque su peso y tamaño corporal es menor al alcanzado por las razas Nubia y Boer. Debido a que la selección de machos con fines reproductivos se realiza a temprana edad, la información contenida en el presente estudio puede ser utilizada como referencia para seleccionar machos antes de los siete meses de edad.

## Agradecimientos

Se agradece al personal del Centro de Reproducción y Mejoramiento Genético Caprino del Estado de San Luis Potosí.



## Referencias

- Freitas, A.R. 2005. Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34(3): 786-795. DOI: 10.1590/S1516-35982005000300010.
- Gautam, L., Kumar-Nagda, R.A., Ashraf-Waiz, H. 2019. Growth modeling and genetic analysis on growth traits of Sirohi goat under field conditions. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 9(1): 115-124.
- Najari, S., Gaddour, A., Ben Hamouda, M., Djemali, M. and Khaldi, G. 2007. Growth model adjustment of local goat population under pastoral conditions in Tunisian arid zone. *Journal of Agronomy*, 6: 61-67. DOI:10.3923/ja.2007.61.67
- Pala, A., Savas, T., Uğur, F., Daş, G. 2005. Growth curves of Turkish Saanen goats' kids grouped for weight and body mass index. *Archives of Animal Breeding (antes: Archiv fur Tierzucht)*. 48(2): 185-193. DOI: 10.5194/aab-48-185-2005.
- Waheed A., Khan M.S., Ali S., Sarwar M. 2011. Estimation of growth curve parameters in Beetal goats. *Archves of Animal Breeding (antes: Archiv fur Tierzucht)* 54(3):287-296. <https://doi.org/10.5194/aab-54-287-2011>



## ESTABILIDAD SEROLÓGICA EN MUESTRAS DE *Brucella abortus* SOMETIDAS A CONGELAMIENTO PARA USO COMO CONTROL EN LA PRUEBA DE FLUORESCENCIA POLARIZADA

Aurora Martínez Romero<sup>1\*</sup>, José L Ortega Sánchez<sup>2</sup>, José de Jesús Alba Romero<sup>1</sup>, Sandra Isabel Hernández González<sup>1</sup>, Esteban Neftalí Portillo Soto<sup>1,3</sup>, Mary Carmen Torres Contreras<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas Campus Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) Dgo. Av. Artículo 123 Fracc. Filadelfia. <sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. <sup>3</sup>Comité de Campaña de Erradicación de la Tuberculosis bovina y Brucelosis de la Región Lagunera de Coahuila y Durango A. C., Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud Animal. Calz. Ávila Camacho 3902 Ote. y Calz. Moctezuma Col. Aviación. Torreón, Coahuila. \*Autor de correspondencia: auroramtzr@gmail.com

### Introducción

La brucelosis es una de las zoonosis de distribución mundial más importantes, causada por las bacterias pertenecientes al género *Brucella* (Zange et al., 2019). Cada una de sus especies suele tener un huésped natural, no obstante, pueden incidir en la mayoría de los mamíferos, vertebrados y algunos anfibios (Godfroid, 2018). Son cuatro las especies patógenas para el humano, las cuales se transmiten debido a la cercanía que existe con los huéspedes naturales: *B. abortus* es la causante de la brucelosis bovina (BB) y junto a *B. melitensis* residen en bóvidos, *B. suis* en suidos y *B. canis* en cánidos (Kazemi, 2014). Los principales sectores afectados debido a esta enfermedad son el pecuario y socio-sanitario, reflejándose en grandes pérdidas económicas (Bano & Lone, 2015). En México, la BB es endémica, y sólo se consideran libres del agente etiológico a las entidades de Baja California Sur y Sonora (SENASICA, 2019). Por otro lado, los Estados de Coahuila y Durango poseen la región conocida como La Comarca Lagunera, la cual es la principal fuente de suministro de leche de bovino en el país y está catalogada como la cuenca lechera más importante de México (Loera & Banda, 2017). Contribuyendo con un aproximado de diez millones de litros de leche diarios, es un punto geoestratégico debido al flujo económico que representa para las empresas y pequeños productores. Según la SIAP, 2018, en México, las cuatro entidades que encabezan la producción de leche de bovino son Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua, las cuales aportaron el 51.1% del total nacional en 2018 que fue de 12 mil 8 millones 239 mil litros, en cuanto a categorización por regiones, La Comarca Lagunera representó más del 20% del total nacional, estando su contribución por encima de cualquier entidad individual. No obstante, la BB sigue siendo un grave problema en esa región y en las principales entidades lecheras ya que no se ha logrado erradicar (SENASICA, 2019), lo cual es un determinante crucial para que se facilite la transmisión de esta enfermedad a los humanos a través de alimentos contaminados (Dadar, Shahali & Whatmore, 2019), por cercanía con los animales infectados o por la exposición al agente patógeno en laboratorios de diagnóstico (Traxler et al., 2013).





La mayoría de los casos de zoonosis diagnosticadas bacteriológicamente en humanos corresponden a *Brucella spp*, por lo que es considerada una enfermedad altamente perniciosa e invasiva, cualidades por las que ha logrado mantener una elevada prevalencia y amplia distribución en el país (Lopez-Merino et al., 1992). Actualmente, no existe un cuadro clínico específico para la brucelosis humana, encontrándose diversos signos y síntomas en función de cada individuo. Las manifestaciones clínicas más comunes en etapa subaguda y aguda son diaforesis, fiebre ondulante, hepatomegalia, artralgia, cefalea, mialgia y malestar general, así como las complicaciones procedentes de su cronicidad pueden ser artritis, bacteriemia, endocarditis, trombocitopenia y meningitis (Singh et al., 2018; Dadar, Shahali & Whatmore, 2019). A pesar de que *B. abortus* es la principal especie responsable de la BB, también se ha logrado aislar de otros animales domésticos y silvestres (Godfroid, 2017). Respecto a bovinos, en hembras provoca signos clínicos como abortos tardíos espontáneos caracterizados por suceder durante el último trimestre de la gestación, epididimitis, placentitis, metritis, retención de la placenta y obtención de crías débiles susceptibles a muerte prematura por sepsis, en machos, produce orquitis y daños en el sistema genitourinario, asimismo, el ganado infectado puede quedar infértil además de diseminar la bacteria a través de la leche, el semen y fluidos corporales (Corbel et al. 2006).

México se encuentra entre los países con las tasas de incidencia de BB más altas en el mundo (Méndez-Lozano, Rodríguez-Reyes & Sánchez-Zamorano, 2015). Debido a que el comportamiento epidemiológico de esta enfermedad varía en cada región por diversos factores como el climático, geográfico y los propios de la naturaleza inmunológica de los animales (de Figueiredo et al., 2015; Ducrotoy et al., 2015), bajo estas circunstancias es recomendable en caso de ser requerido, que al seleccionarse un método de diagnóstico en un laboratorio (OIE, 2018).

No existe información respaldada científicamente sobre la estabilidad serológica de las muestras que son utilizadas como controles internos en el Centro de Investigación. Debido a que no existen controles nacionales estandarizados y comercializados por PRONAVIBE para el ensayo de fluorescencia polarizada (FPA), resulta pertinente realizar un estudio para conocer si las muestras de animales sanos y enfermos seleccionadas como controles internos sufren modificaciones significativas en el proceso de conservación que puedan afectar su desempeño, por lo cual, es imprescindible conocer la estabilidad del título de anticuerpos anti-*Brucella* en los controles internos antes y después de ser sometidos a congelamiento, para confirmar su validez serodiagnóstica de ser empleados como indicadores del estado de salud animal que se ajusten al comportamiento real de la brucelosis en la región. El disponer de muestras para que sean utilizadas como controles internos provenientes de vacas sanas y enfermas de brucelosis contribuye al establecimiento de los puntos de corte en la región. Por lo que, el objetivo fue comparar el título de anticuerpos en muestras antes y después de un congelamiento sin la adición de conservadores y/o estabilizadores moleculares que pudieran intervenir en su comportamiento bioquímico en FPA.



## Material y Métodos

Estudio longitudinal, no paramétrico, analítico y comparativo. El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud Animal. Los establos del presente estudio son pertenecientes a La Comarca Lagunera y participaron bajo anonimato. Se muestrearon 400 vacas de raza Friesian-Holstein de 38 a 48 meses de edad, de las cuales se recolectaron en tubos vacutainer rotulados con el número de identificación del animal correspondiente un aproximado de 10 ml de sangre de cada una a través de la vena coccígea. Posteriormente, se transportaron en hieleras al laboratorio del Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud Animal para su posterior centrifugación. Se separó el suero de la sangre por centrifugación a 3000 g durante 3 min. Cada muestra de suero sanguíneo se depositó en microtubos marca AXYGEN® SCIENTIFIC MCT-200-C LOT NO. 27717064 rotulados con los números de identificación de cada animal. Posteriormente, se les realizó la prueba de FPA y se preservaron los sueros en congelamiento (-20°C). Pasados 6 meses de preservación en congelamiento se atemperaron los sueros y se les realizó por segunda vez la prueba de FPA. El estudio se realizó en las muestras de suero obtenidas de un grupo de 200 vacas sanas y otro grupo de 200 infectadas con *Brucella* spp. Se analizaron y compararon las siguientes unidades serológicas: unidades de milipolarización delta ( $\Delta$  mP) y unidades de milipolarización (mP) por medio del lector de placas multimodo BioTek® Synergy™ 2. El análisis de los datos se realizó a través de estadística descriptiva utilizándose el Software IBM SPSS Statistics 25, comparando los resultados obtenidos de las lecturas de FPA en las muestras serológicas antes y después de congelamiento, determinando la estabilidad serológica, valores promedio y la desviación estándar. Los cálculos estadísticos se efectuaron por medio de la prueba de Wilcoxon, comparación entre las dos medias y los valores promedio de referencia. Se verificó el supuesto de normalidad por medio de la prueba de Kolmogórov-Smirnov. En todos los casos se consideró un nivel de significancia igual a 0,01 y un intervalo de confianza del 99% (Flores-Ruiz, Miranda-Navales & Villasís-Keever, 2017).

## Resultados y discusión

Se obtuvo un valor de  $P < \alpha$  (0.01) en la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov entre las diferencias de los valores de  $\Delta$  mP antes y después de congelamiento en las muestras serológicas de vacas enfermas de brucelosis, por lo que se demostró que los datos provienen de una distribución no normal (Cuadro 1). Respecto a los datos individuales de las muestras serológicas de bovinos con brucelosis, se obtuvieron resultados similares antes y después del congelamiento (Cuadro 2). La prueba de rangos con signos de Wilcoxon indicó que 84 muestras (42%) disminuyeron sus valores de  $\Delta$  mP después del congelamiento mientras en las 116 muestras (58%) restantes este valor se incrementó (Cuadro 3). No obstante, no existió diferencia significativa (Tabla 4).



Cuadro 1. Valores en la prueba de normalidad en las muestras serológicas de vacas enfermas de brucelosis antes y después de congelamiento.

Kolmogórov-Smirnov <sup>a</sup>			
$\Delta$ mP	Estadístico	Grados de libertad	Valor de P
Post <sup>b</sup> – Pre <sup>c</sup>	0.081	200	0.003

<sup>a</sup> Corrección de significación de Lilliefors, <sup>b</sup> Valor de  $\Delta$  mP de muestras serológicas después del congelamiento, <sup>c</sup> Valor de  $\Delta$  mP de muestras serológicas antes del congelamiento.

Cuadro 2. Comparaciones entre la media, desviación estándar, valores máximos y mínimos de los  $\Delta$  mP en las muestras serológicas de vacas enfermas de brucelosis antes y después de congelamiento.

$\Delta$ mP	N	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Pre	200	150.0535	64.79665	20.10 <sup>a</sup>	229.80 <sup>b</sup>
Post	200	150.5834	64.92717	20.84 <sup>a</sup>	228.53 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Corresponde a la misma muestra, <sup>b</sup> Corresponde a la misma muestra

Cuadro 3. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon en las muestras serológicas de vacas enfermas de brucelosis después del congelamiento.

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	84 <sup>a</sup>	96.20	8081.00
Rangos positivos	116 <sup>b</sup>	103.61	12019.00
Empates	0 <sup>c</sup>		
Total	200		

<sup>a</sup>  $\Delta$  mP Post <  $\Delta$  mP Pre, <sup>b</sup>  $\Delta$  mP Post >  $\Delta$  mP Pre, <sup>c</sup>  $\Delta$  mP Post =  $\Delta$  mP Pre

Cuadro 4. Estadísticos de prueba de rangos con signo de Wilcoxon

	$\Delta$ mP Post – $\Delta$ mP Pre
Valor de Z	-2.403 <sup>a</sup>
Significancia asintótica (bilateral)	0.016

<sup>a</sup> Se basa en rangos negativos. Se muestran significaciones asintóticas. Nivel de significancia 0.01; intervalo de confianza 99%.

Debido a que el valor de la significancia asintótica (0.016) de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon fue mayor al valor de  $\alpha$  (0.01) con un intervalo de confianza del 99%, se demostró que la mediana de las diferencias entre los valores de los  $\Delta$  mP Post y  $\Delta$  mP Pre en las muestras serológicas de vacas enfermas de brucelosis es igual a cero, siendo suficiente evidencia para retener la hipótesis nula de la presente investigación y demostrar que los sueros sanguíneos de vacas enfermas de brucelosis no sufren modificación alguna en su comportamiento bioquímico a nivel de anticuerpos anti-Brucella durante la conservación en congelación (-20°C) en un periodo de tiempo de 6 meses sin la adición de estabilizadores moleculares.



El desempeño diagnóstico de FPA también depende de la precisión y exactitud del laboratorista, el cual influye en los resultados obtenidos que después serán analizados, interpretados y emitidos por el laboratorio clínico, perteneciendo este tipo de variables a otros factores relacionados que no son objetos de estudio en la presente investigación dado que se realizó una capacitación y validación del analista por parte del laboratorio.

Así mismo, la implementación de muestras provenientes de animales enfermos de brucelosis como controles positivos serológicos internos puede considerarse una alternativa con la finalidad de disponer de referencias que se apeguen más al comportamiento epidemiológico real de la enfermedad en la región de La Comarca Lagunera, así como para evitar una dependencia total en el suministro de controles externos, la cual podría llegar a afectar la cantidad de muestras que puede procesar el laboratorio diariamente. Un punto importante para utilizar controles internos es demostrar que se desempeñan correctamente y no afectan la obtención de resultados confiables para sus clientes. Por otra parte, el trabajar en la obtención, recolección y testeo de controles que sirvan de referencia en la región para una posterior comercialización a otros laboratorios aumentaría la eficiencia de estos para avanzar con la erradicación de la brucelosis bovina en México.

## Conclusión

Las muestras de sueros obtuvieron la estabilidad serológica esperada después de los 6 meses que estuvieron conservados en congelación al ser analizados en FPA sin la necesidad de utilizar algún preservante, un aspecto a tener en cuenta para su aplicación serodiagnóstica. Por tal motivo, podrían utilizarse como controles positivos internos del laboratorio del Centro de Investigación Diagnóstica en Salud Animal.

## Referencias

- Bano, Yasmin, and Sajad Lone. (2015). 'Brucellosis: An Economically Important Infection', 4.
- Corbel, Michael, G. Alton, M. Banai, Ramón Díaz, B. Dranovskaia, S. Elberg, Bruno Garin-Bastuji, J. Kolar, A. Mantovani, A. Mousa, Ignacio Moriyón, P. Nicoletti, A. Seimenis, and Edward Young. (2006). Brucellosis in humans and animals.
- Dadar, Maryam, Youcef Shahali, and Adrian M. Whatmore. (2019). 'Human brucellosis caused by raw dairy products: A review on the occurrence, major risk factors and prevention', *International Journal of Food Microbiology*, 292: 39-47.
- de Figueiredo, P., T. A. Ficht, A. Rice-Ficht, C. A. Rossetti, and L. G. Adams. (2015). 'Pathogenesis and immunobiology of brucellosis: review of Brucella-host interactions', *Am J Pathol*, 185: 1505-17.
- Ducrottoy, Marie, Wilson Bertu, Gift Matope, Simeon Cadmus, Raquel Conde-Alvarez, Amahyel Gusi, Susan Welburn, Reuben Ocholi, Jose Blasco, and I. Moriyón. (2015). 'Brucellosis in Sub-Saharan Africa: Current challenges for management, diagnosis and control', *Acta tropica*, 165.
- Flores-Ruiz, Eric, María Guadalupe Miranda-Novales, and Miguel Ángel Villasís-Keever. (2017). 'El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial', *Revista alergia México*, 64: 364-70.
- Godfroid, J. (2018). 'Brucella spp. at the Wildlife-Livestock Interface: An Evolutionary Trajectory through a Livestock-to-Wildlife "Host Jump"?' , *Vet Sci*, 5.



- Godfroid, Jacques. (2017). 'Brucellosis in livestock and wildlife: zoonotic diseases without pandemic potential in need of innovative one health approaches', *Archives of public health = Archives belges de sante publique*, 75: 34-34.
- Kazemi, Sohrab. (2014). 'A Study of Brucella Infection in Humans', *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, 1: 69-75.
- Loera, Jesús, and José Banda. (2017). 'Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno', *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19: 419-26.
- Lopez-Merino, Aide Hide, Roberto Migrañas-Ortiz, Adolfo Perez-Miravete, Clementina Magos, Benito Salvatierra Izaba, Roberto Tapia-Coyner, José Luis Valdespino, and Jaime Sepulveda. (1992). 'Seroepidemiología de la brucelosis en México', 34: 11.
- Méndez-Lozano, Meztli, Erika Judith Rodríguez-Reyes, and Luisa María Sánchez-Zamorano. (2015). 'Brucelosis, una zoonosis presente en la población: estudio de series de tiempo en México', *Salud Pública de México*, 57: 519-27.
- OIE (2018). Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres. Organización Mundial de Sanidad Animal. <https://www.oie.int/en/normas/manual-terrestre/acceso-en-linea/>
- SENASICA. (2019). Situación actual de la brucelosis en México. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-del-control-de-la-brucelosis-en-mexico>
- SIAP. (2018). Avance de la producción pecuaria por producto. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp)
- Singh, B. B., P. Kostoulas, J. P. S. Gill, and N. K. Dhand. (2018). 'Cost-benefit analysis of intervention policies for prevention and control of brucellosis in India', *PLoS Negl Trop Dis*, 12: e0006488.
- Traxler, Rita M., Mark W. Lehman, Elizabeth A. Bosserman, Marta A. Guerra, and Theresa L. Smith. (2013). 'A literature review of laboratory-acquired brucellosis', *Journal of clinical microbiology*, 51: 3055-62.
- Zange, S., K. Schneider, E. Georgi, H. C. Scholz, M. H. Antwerpen, M. C. Walter, L. Zoeller, H. von Buttlar, and J. P. Borde. (2019). 'A headache with surprising outcome: first case of brucellosis caused by *Brucella suis* biovar 1 in Germany', *Infection*.



## RESPUESTAS CORRELACIONADAS ENTRE EL PESO AL NACIMIENTO, NIVEL DE INMUNIDAD, ESTADO DE SALUD Y DESARROLLO AL DESTETE EN BECERRAS HOLSTEIN DE LA COMARCA LAGUNERA

Blanca Verónica Salazar Marmolejo<sup>1\*</sup>, César A. Meza Herrera<sup>1</sup>, Francisco G. Veliz Deras<sup>2</sup>, Francisco G. Echavarría Chaírez<sup>3</sup>, Cayetano Navarrete Molina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas - Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango, México, 35230. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CIRNOC, Campo Experimental de Calera, Calera, Zacatecas, México. <sup>4</sup>Departamento de Química, Área Tecnología Ambiental, Universidad Tecnológica de Rodeo, Durango. \* Autor de correspondencia: blanca.salazar0215@gmail.com

### Introducción

Un adecuado manejo en la alimentación posnatal y antes del destete en las crías bovinas, tiene un impacto fundamental en su crecimiento y desarrollo, ya que afecta la salud y el comportamiento productivo-reproductivo en etapas posteriores de las crías bovinas (Costa et al., 2021a; Hammon et al., 2020; Lago et al., 2018). Después del nacimiento, el suministro inmediato de calostro, en cantidad y calidad, es un requisito para lograr una crianza exitosa de las becerras. El calostro proporciona altas cantidades de nutrientes y otros compuestos que promueven una maduración del sistema inmunológico y su sistema digestivo. Un correcto funcionamiento del intestino neonatal permite que las becerras digieran y absorban los nutrientes proporcionados por el calostro y la leche. En efecto, la ingesta de calostro apoya el inicio de procesos anabólicos en varios tejidos, estimulando el crecimiento corporal posnatal y el desarrollo de órganos (Frieten et al., 2017; Langel et al., 2015; Malmuthuge & Luo-Guan, 2017; Nissen et al., 2017). De no ser estimulada la maduración del sistema digestivo es muy probable que las becerras presenten diarrea severa siendo esta la principal causa de mortalidad neonatal en becerras. Por ello, el suministro de calostro en las primeras horas de vida es de particular importancia para el éxito de la crianza en becerras (Urie et al., 2018).

Un suministro de calostro adecuado dentro de 2 a 3 h después del nacimiento es fundamental para establecer la inmunidad pasiva y temporal en becerras, observando que la cantidad de calostro consumida se correlaciona directamente con la prevención de enfermedades y muertes perinatales y predestete (Costa et al., 2021b; Hammon et al., 2020; Lopez et al., 2020). Al respecto, las becerras nacen con su sistema digestivo inmaduro, a la vez de tener deficiente inmunidad activa, derivado del hecho que la placenta de los bovinos no permite el traspaso de anticuerpos de la madre al feto durante la gestación (Mellado et al., 2017). Bajo este contexto, una buena alimentación y el adecuado aporte de calostro son la clave para que una crianza de becerras tenga éxito en cualquier explotación lechera, considerando que estas reemplazaran las vacas de descarte (Hammon et al., 2020). Sin embargo, para que este reemplazo sea éxito, es necesario que las becerras tengan una buena alimentación y una adecuada absorción de calostro, de lo contrario ocurrirá una falla en la transferencia de inmunidad pasiva, considerando que las becerras solo son capaces de absorber las inmunoglobulinas del calostro por un periodo limitado después del nacimiento (Da Silva et al., 2020).



En este sentido, una falla en la transferencia pasiva puede deberse a 1) ofrecer un calostro con una concentración menor a  $50 \text{ Ig L}^{-1}$ , 2) proporcionar una cantidad inadecuada, la cual debe de ser no menor a 2 litros  $\text{d}^{-1}$ , 3) no brindar la cantidad y calidad adecuada de calostro dentro de las primeras dos horas del nacimiento y 4) que la bacteriología del calostro este elevada (Arrollo-Arrollo & Elizondo-Salazar, 2014).

En norteamérica, uno de los principales clusters productores de leche bovina se ubica en México, específicamente en la Comarca Lagunera (CL). La producción de leche bovina en la CL, se incrementó un 4% al pasar de 2,613.58 a 2,730.75 millones de litros entre 2020 y 2021, lo anterior, represento una producción diaria de 7.16 vs 7.48 millones de litros de leche diarios en dicho período. Lo anterior, se logró a pesar que el inventario total se mantuvo (2020: 479,601 vs 2021: 480,837) y aun con una reducción observada del 1% del inventario en producción, al pasar de 250,877 a 248,719 vacas en producción para el 2020 vs 2021. Estos resultados, pudieran ser indicativo de mejoras en el manejo genético, nutricional, reproductivo y sanitario de los hatos bovino lecheros de la CL, observando incrementos diarios promedio por animal de 34.16 L en 2020, a 36.00 L en 2022 (SIAP, 2022). Investigaciones recientes han demostrado que los sistemas de producción de ganado bovino en la Comarca Lagunera se caracterizan por un esquema productivo altamente tecnificado, moderno e intensivo, perfectamente vinculado a una estructura de industrialización, con ramificación nacional e internacional, generando una significativa derrama económica en la región (Navarrete-Molina et al., 2019; 2020a; 2020b). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el nivel de asociación entre el peso al nacimiento, el nivel de inmunidad, el estado de salud y el desarrollo al destete en becerras Holstein de la Comarca Lagunera, México. Nuestra hipótesis de trabajo propone que el peso al nacimiento se correlaciona positivamente con la inmunidad y desarrollo predestete, y de manera negativa con la presencia de enfermedades en becerras Holstein.

## **Materiales y métodos**

El estudio se desarrolló en un establo lechero altamente tecnificado, el cual cuenta con aproximadamente 7,500 cabezas de ganado, ubicado en la CL en el norte de México. La CL ( $102^{\circ} 22'$ ,  $104^{\circ} 47'$  LO;  $24^{\circ} 22'$ ,  $26^{\circ} 23'$  LN, a 1,139 m.s.n.m.) se ubica en un ecotipo semiárido, con una temperatura promedio de  $22^{\circ} \text{C}$ , presentando mínimas de  $0^{\circ} \text{C}$  (invierno) y máximas de  $40^{\circ} \text{C}$  (verano). La temporada de lluvias se extiende de junio a octubre, la precipitación media anual es de 225 mm. La humedad relativa fluctúa de 26.1% a 60.6% y el fotoperíodo varía de 13 h, 41 min (solsticio de verano, junio) a 10 h, 19 min (solsticio de invierno, diciembre). La CL es un agroecosistema interesante, ya que posee un componente agrícola con grandes espacios destinados a la producción de forrajes (i.e., alfalfa, sorgo forrajero, maíz forrajero) (Navarrete-Molina et al., 2020b).



La población de estudio consistió en 1,124 crías hembra (terneras) Holstein-Friesian. Las variables consideradas fueron peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg). Los protocolos utilizados para atender y tratar a las terneras de este estudio, fueron los aprobados y recomendados por las autoridades mexicanas en sanidad animal. Las terneras fueron separadas de sus madres aproximadamente 20 minutos después del nacimiento antes de que ocurriera cualquier contacto con la ubre. Los ombligos fueron rociados con yodo diluido (7%) y las terneras se alojaron en corrales individuales de madera (becerrera) de 2.0 m x 1.5 m con techo metálico, sin cama adicional. Las terneras fueron alimentadas con 2.5 L de calostro usando un biberón con tetina dentro de los primeros 90 min después del nacimiento, y nuevamente con 2 L, 12 h después. Por lo tanto, la ingesta de calostro fue de 4.5 L para todas las crías dentro de las 24 h posteriores al parto.

Posteriormente se realizó la toma de muestras de sangre de las terneras del estudio (5 mL en tubos Vacutainer que contenían un activador de coágulos) a las 48 h, mediante venopunción de la yugular. Las muestras de sangre se refrigeraron durante 24 h antes de separar el suero por centrifugación (3500 rpm x 15 min). Una gota de suero obtenida 48 h después del parto se colocó en un refractómetro digital para lácteos (MISCO Digital-Dairy™, Solon, OH, EE. UU.) y cuantificar la calidad de calostro ingerido por las terneras. Posteriormente, del día 2 al 30, las terneras fueron alimentadas con 2 L de sustituto de leche que contenía 20% de proteína, 20% de grasa y 270 g t<sup>-1</sup> de sulfato de neomicina, dos veces al día. A partir del día 31 y hasta el destete, las terneras recibieron 4 L de sustituto lácteo por la mañana y 4 L por la tarde. Se ofreció concentrado de iniciación para crías bovinas (22% de proteína cruda) y agua de libre acceso a partir del día 4 después del parto y hasta el destete, aproximadamente a los 80 días de edad.

Los análisis estadísticos de los datos consideraron la cuantificación de estadísticas descriptivas (proc UNIVARIATE de SAS; SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.) para las variables de respuesta: peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg). Para determinar el grado de asociación entre dichas variables se realizó un análisis de correlación de Pearson (PROC CORR de SAS).





## Resultados y Discusión

Las estadísticas descriptivas de las 1,124 becerras consideradas en el presente estudio se presentan en la Cuadro 1. El peso al nacimiento (PN) es el resultado del crecimiento de la cría en el útero materno y está influenciado por factores genéticos y ambientales que representan un sistema complejo de interrelaciones madre-feto. Del total de becerras consideradas, el 66% (n=737) se encontró en un rango de PN entre los 35 y 40 kg, es este sentido, se encontró un promedio para la variable PN de  $38.4 \pm 3.6$  kg, lo cual es consistente con lo reportado por Rahbar et al. (2016), los cuales analizaron los PN de 7,737 crías bovinas Holstein, encontrando una media de PN de  $40.84 \pm 4.9$  kg. En este mismo sentido, Atashi et al. (2021) reportaron una media en PN de  $40.2 \pm 4.86$  kg al considerar 112,443 nacimientos en bovinos lecheros Holstein, y es coincidente con lo reportado por Hurst et al. (2021), quienes analizaron los resultados de 5,180 crías Holstein con un PN promedio de  $40.6 \pm 4.9$  kg. El 79% de las crías estudiadas corresponden a madres que tenían entre 2 y 4 partos, lo cual es consistente con las tasas de reemplazo de este tipo de explotaciones de un 33% anual. Considerando la calidad del calostro (CC) con un rango de bajo (1), medio (2), y alto (3), el 35% (i.e., 398) correspondió al nivel alto, el 44% (492) al nivel medio y el restante 21% (234) al nivel bajo, esta información resulta de vital importancia, al momento de ofrecer el primer calostro de las crías. Respecto a la refractometría observada en las crías estudiadas, se evidenció que el 69.8% (784 muestras) presentó valores entre 6.0 y 6.9, el 29.6% (333 muestras) consideró valores entre 5.0 y 5.9, y tan solo el 0.6% (7 muestras) generó valores de 7.0.

Respecto a la presencia de enfermedades infecciosas (EI) y peso al destete (PD) son el resultado multifactorial donde influyen variables como PN, consumo de calostro y leche, la alimentación, el año de nacimiento, la época de nacimiento, la temperatura ambiental entre otros (Hurst et al., 2021). Nuestros resultados evidenciaron que del total un 62.6% (704 becerras) no presentaron ninguna enfermedad de tipo infecciosa, lo cual evidencia un óptimo manejo en el área de crianza. Un 17.6% (198 becerras) presentó diarrea y un 15.8% (178 becerras) mostró problemas en tracto respiratorio (i.e., neumonía); del restante 3.9% (i.e., 44 crías), 27 becerras mostraron problemas de otitis. Respecto al PD, el 85.6% (962 becerras) de los nacimientos considerados se ubicaron en un rango de peso entre 78 y 93 kg, de este rango destaca el peso de 85 kg el cual representa el 16.3% (183) es este sentido, se encontró un promedio para la variable PD de  $85.4 \pm 6.0$  kg, lo cual es superior a lo reportado por Turini et al. (2020), para crías hembras Holstein Friesian en Italia de  $73.38 \pm 10.52$  kg.



Cuadro 1. Estadística descriptiva de las variables peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg) en becerras Holstein de la Comarca Lagunera.

Variable	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PN (kg)	38.41	39	40	3.63	29	51
NPM (no.)	2.81	3	3	1.19	1	6
CC (1-3)	2.15	2	2	0.74	1	3
R (°Bx)	6.02	6	6	0.31	5	7
EI (0-7)	0.69	0	0	1.17	0	6
PD (kg)	85.40	85	85	6.01	65	103

Turini et al. (2021), encontraron una correlación significativa ( $P < 0,05$ ) entre la concentración de inmunoglobulinas en el calostro y la ganancia de peso. Lo cual coincide con los resultados de la presente investigación, donde esta correlación entre PN y R fue positiva y significativa. Siendo este uno de los primeros y principales pasos para asegurar una transferencia pasiva apropiada que garantice un comienzo sano para el nuevo animal. Otras correlaciones significativas obtenidas fueron entre el PN y el NPM, la refractometría también se correlacionó positivamente con la calidad del calostro, de la misma manera, la presencia de enfermedades infecciosas se correlacionó de manera negativa con todas las variables analizadas, sin embargo, esta correlación solamente fue significativa entre la presencia de EI y PN, de la misma manera entre la presencia de EI y PD. Los análisis de correlación observados se concentran en el Cuadro 2. Estas correlaciones fueron consistentes con lo reportado por varios grupos de investigación, donde destacan Atashi et al. (2021), Da Silva et al. (2020), Hurst et al. (2021), Lago et al. (2018), Rahbar et al. (2016), entre otros.

Cuadro 2. Matriz de correlación entre las variables peso al nacimiento (PN; kg), número de partos de la madre (NPM; No.), calidad del calostro (CC; 1=bajo, 2=medio, 3=alto), refractometría (R; °Bx), enfermedades infecciosas (EI; 0=sin enfermedad, 1=diarrea, 2=neumonía, 3=diarrea+neumonía, 4=neumonía+diarrea, 5=septicemia, 6=otitis, 7=conjuntivitis) y peso al destete (PD, kg) en becerras Holstein de la Comarca Lagunera.

	PN (kg)	NPM (no.)	CC (1-3)	R (°Bx)	EI (0-7)	PD (kg)
PN (kg)	1.000					
NPM (no.)	0.091* (0.007)	1.000				
CC (1-3)	0.010 (0.775)	- 0.011 (0.750)	1.000			
R (°Bx)	0.083* (0.013)	0.039 (0.248)	0.081* (0.015)	1.000		
EI (0-7)	- 0.069* (0.041)	- 0.005 (0.882)	- 0.008 (0.807)	- 0.032 (0.338)	1.000	
PD (kg)	0.099* (0.003)	0.045 (0.184)	0.002 (0.964)	- 0.006 (0.856)	- 0.034* (0.031)	1.000

\*Indica correlación significativa ( $p < 0.05$ )



## Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran correlaciones positivas entre el PN y el PD en las crías hembras Holstein en ambientes cálidos. En el mismo sentido, nuestro estudio confirmó la importancia de proporcionar una adecuada CC sobre otras variables productivas y de salud, lo cual evidencia la interconexión de una alta concentración de inmunoglobulina con un mayor PD, lo cual seguramente se encuentra relacionado con mayores aumentos de peso diario antes del destete. Además, fue evidente una interacción negativa entre la presencia de EI con cada una de las variables analizadas, lo cual sugiere que un bajo contenido de inmunoglobulinas en el calostro conspira contra un óptimo estado de salud; en efecto, las becerras alimentadas con una CC alta y una refractometría alta evidenciaron menores incidencias de diarreas y neumonías. Finalmente, al conocer el estado inmunológico de las crías del nacimiento al destete es esencial para establecer medidas de medicina preventiva, mismas que incrementen la eficiencia en la etapa pre-destete mejorando la ganancia de peso al disminuir problemas de salud, mejorando en paralelo el bienestar animal y reduciendo costos de tratamientos curativos, lo cual se traducirá en una mayor factibilidad y retorno económico en las empresas lecheras.

## Referencias

- Atashi, H., Asaadi, A., & Hostens, M. (2021). Association between age at first calving and lactation performance, lactation curve, calving interval, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows. *PLoS One*, *16*(1), e0244825. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244825>.
- Arroyo-Arroyo, J. J., & Elizondo-Salazar, J. A. (2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, *25*(2), 279-285. <https://doi.org/10.15517/AM.V25I2.15430>.
- Costa, A., Franzoi, M., Visentin, G., Goi, A., De Marchi, M., & Penasa, M. (2021a). The concentrations of immunoglobulins in bovine colostrum determined by the gold standard method are genetically correlated with their near-infrared prediction. *Genetics Selection Evolution*, *53*(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00681-8>.
- Costa, A., Goi, A., Penasa, M., Nardino, G., Posenato, L., & De Marchi, M. (2021b). Variation of immunoglobulins G, A, and M and bovine serum albumin concentration in Holstein cow colostrum. *Animal*, *15*(7), 100299. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100299>.
- Da Silva, A. P., De Toledo, A. F., Cezar, A. M., Coelho, M. G., Júnior, G. F. V., Poczynek, M., Silva, M. D., Haines, D. M., Campos, M., & Machado Bittar, C. M. (2020). Passive transfer and neonatal health in dairy calves receiving maternal colostrum and/or a colostrum replacer. *Livestock Science*, *240*, 104158. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104158>.
- Frieten, D., Gerbert, C., Koch, C., Dusel, G., Eder, K., Kanitz, E., Weitzel, J. M., & Hammon, H. M. (2017). Ad libitum milk replacer feeding, but not butyrate supplementation, affects growth performance as well as metabolic and endocrine traits in Holstein calves. *Journal of dairy science*, *100*(8), 6648-6661. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12722>.
- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., & Koch, C. (2020). Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, *14*, s133-s143. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003148>.



- Hurst, T. S., Lopez-Villalobos, N., & Boerman, J. P. (2021). Predictive equations for early-life indicators of future body weight in Holstein dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 736-749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18560>.
- Lago, A., Socha, M., Geiger, A., Cook, D., Silva-del-Río, N., Blanc, C., Quesnell, R., & Leonardi, C. (2018). Efficacy of colostrum replacer versus maternal colostrum on immunological status, health, and growth of preweaned dairy calves. *Journal of dairy science*, 101(2), 1344-1354. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13032>.
- Langel, S. N., Wark, W. A., Garst, S. N., James, R. E., McGilliard, M. L., Petersson-Wolfe, C. S., & Kanevsky-Mullarky, I. (2015). Effect of feeding whole compared with cell-free colostrum on calf immune status: The neonatal period. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 3729-3740. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8422>.
- Lopez, A. J., Jones, C. M., Geiger, A. J., & Heinrichs, A. J. (2020). Variation in serum immunoglobulin G concentrations from birth to 112 days of age in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer or maternal colostrum. *Journal of dairy science*, 103(8), 7535-7539. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18400>.
- Malmuthuge, N. & Luo-Guan, L. (2017). Understanding the gut microbiome of dairy calves: Opportunities to improve early-life gut health. *Journal of dairy science*, 100(7), 5996-6005. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12239>.
- Mellado, M., Torres, E., Veliz, F. G., de Santiago, A., Macias-Cruz, U., & Garcia, J. E. (2017). Effect of quality of colostrum on health, growth and immunoglobulin G concentration in Holstein calves in a hot environment. *Animal Science Journal*, 88(9), 1327-1336. <https://doi.org/10.1111/asj.12773>.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Machuca, M. A., Macias-Cruz U., & Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Machuca, M. A., Lopez-Villalobos, N., Lopez-Santos, A., & Veliz-Deras, F. G. (2019a). To beef or not to beef: Unveiling the economic environmental impact generated by the intensive beef cattle industry in an arid region. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.267>.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Ramirez-Flores, J. J., Herrera-Machuca, M. A., Lopez-Villalobos, N., Lopez-Santiago, M. A., & Veliz-Deras, F. G. (2019). Economic evaluation of the environmental impact of a dairy cattle intensive production cluster under arid lands conditions. *Animal*, 13(10), 2379-2387. <https://doi.org/10.1017/S175173111900048X>.
- Nissen, A., Andersen, P. H., Bendixen, E., Ingvarsen, K. L., & Røntved, C. M. (2017). Colostrum and milk protein rankings and ratios of importance to neonatal calf health using a proteomics approach. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2711-2728. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11722>.
- Rahbar, R., Abdollahpour, R., & Sadeghi-Sefidmazgi, A. (2020). Effect of calf birth weight on milk production of Holstein dairy cattle in desert climate. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 4(3), 65-70. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n3p65-70>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) - Agrifood and Fishery Information System. (2022, 10 de octubre). Livestock production yearbook. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceEdo.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp).
- Turini, L., Conte, G., Bonelli, F., Sgorbini, M., Madrigali, A., & Mele, M. (2020). The relationship between colostrum quality, passive transfer of immunity and birth and weaning weight in neonatal calves. *Livestock Science*, 238, 104033.
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprak, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Olson, J. D., & Garry, F. B. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of dairy science*, 101(10), 9229-9244. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>.



## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata* Humb. et Bonpl. ex Willd) EN EL ESTADO DE DURANGO

Clementina Araceli Sandy-Pacheco<sup>1</sup>, Margarita Jurado-Perez<sup>1\*</sup>, Luis Gerardo Espinoza-Barajas<sup>1</sup>,  
Ramón Trucíos-Caciano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo., Méx.

<sup>2</sup>CENID-RASPA, INIFAP, México. \*Autor de correspondencia: margaritajuradop@outlook.com

### Introducción

El mezquite (*Prosopis laevigata*) es una de las plantas con mayor impacto económico en zonas áridas. En la región laguna, las plantas de mezquite predomina el porte arbustivo, debido a que la mayoría de los ejemplares adultos se usan como recurso maderero y para la fabricación de carbón. Además, tiene un gran potencial como planta forrajera y ha sido usado en la medicina tradicional regional. Por lo anterior las especies de *Prosopis* han representado un recurso valioso para los habitantes de zonas áridas, ya que se ha podido aprovechar todas las partes de la planta. Además del aporte económico, el mezquite tiene un aporte ecológico destacado, gracias a su excelente capacidad para fijar nitrógeno al suelo y controlar la erosión, situaciones que conllevan a mejorar la fertilidad del suelo, además de proporcionar alimento y refugio a la fauna silvestre; de igual forma, actúa como indicador de profundidad del manto freático (freatofita) (Rodríguez-Suceda et al., 2014). De acuerdo con la FAO, el mezquite se distribuye de manera óptima en zonas desérticas y semidesérticas, constituyendo una gran parte de la vegetación arbórea y arbustiva. Debido al uso lucrativo del mezquite conocer su distribución es imprescindible, para poder plantear alternativas para su correcto uso y preservación, y así realizar su aprovechamiento de manera sustentable. Es por ello que en este proyecto se planteó como objetivo hacer uso de los sistemas de información geográfica y las diversas condiciones edafoclimáticas óptimas para identificar las zonas de distribución potencial de esta especie.

### Materiales y métodos

El estudio fue realizado para el estado de Durango, que se encuentra localizado en las coordenadas al norte 26° 50' 42", al sur 22° 20' 42" de latitud norte; al este 102° 28' 22", al oeste 107° 12' 37" de longitud oeste, con altura sobre el nivel del mar promedio de 1,890 m y con una extensión superficial de 123,451.2 km<sup>2</sup> (12,345,120 ha). Se determinó la distribución potencial de mezquite (*Prosopis laevigata*), según los requerimientos ambientales para su adecuado desarrollo. Para esto, se obtuvieron las condiciones óptimas de desarrollo de la base a partir de la ficha técnica de mezquite (CONABIO, CONAFOR y SIRE., 2022) (Cuadro 1). Las variables edafoclimáticas fueron: altitud, edafología, precipitación, temperatura máxima y mínima mensual, vegetación y uso de suelo. La información de las capas vectoriales fue descargada en formato Shapefile (.shp) de Geoportal de CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>) el mapa se realizó con el software libre QGIS 3.22.



Los índices geospaciales y geometrías de cada una de las capas vectoriales fueron corregidos. Los mapas de vegetación y uso de suelo, precipitación media anual, temperatura, edafología fueron cortados utilizando el mapa previamente extraído de Durango como capa de superposición. Además, las capas fueron disueltas para disminuir la cantidad de elementos de la tabla atributos que en ellas había y así tener una mejor selección de los elementos para su posterior extracción. Los elementos de la tabla fueron seleccionados de acuerdo con las características edafoclimáticas óptimas de *Prosopis laevigata*. Se descartaron zonas donde hay asentamientos humanos, cuerpos de agua, altitud mayor a la requerida por mezquite e incluso zonas con precipitación anual mayor a los requerimientos del mezquite. Al final, se realizaron cortes de las capas usando como superposición cada una de las capas edafoclimáticas previamente procesada. La capa final fue el resultado de múltiples cortes en el orden siguiente: Vegetación, precipitación, edafología, temperatura. Al final se procesó el archivo raster (.tiff) del modelo digital de elevación, el cual fue re proyectado en un sistema de coordenadas geográficas 4326 WGS 84.

Cuadro 1. Variables edafoclimáticas óptimas de *Prosopis laevigata*

Variable	Tipo de dato	Valor
Altitud	Imagen Raster	< 2300 msnm
Edafología	Archivo SHP	Litosol, Xerosol, Yermosol
Precipitación	Archivo SHP	350- 1200 mm
Temperatura	Archivo SHP	13.5 °C -28.5 °C
Vegetación y uso de suelos	Archivo SHP	Se descartaron áreas antrópicas

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de CONABIO, CONAFOR, SIRE,2022.

## Resultados y discusión

Se determinó el área potencial de distribución de mezquite en el estado de Durango, las cual, resulto ser de 8,583,199.5 ha. Esta superficie representa el 69.57% del territorio estatal, localizándose mayormente en el lado noreste del estado, sector que corresponde principalmente a zonas áridas y semiáridas (Figura 1). Lo anterior se realizó, englobando en una sola área las variables de vegetación, las zonas adecuadas de temperaturas, de precipitación, la edafología y la altitud. De la misma manera se identificaron los municipios con mayor potencial de distribución de mezquite, siendo estos, Mapimí, Cuencamé, Tlahualilo, General Simón Bolívar y Lerdo. Los cuales forman parte de la denominada cuenca lagunera.

De acuerdo con Trucíos (2007) en el 2002, el estado de Durango contaba con un total de 44,211 ha de mezquitalas, extensión territorial menor en comparación a el área obtenida en el presente estudio. Así mismo, Trucíos en el 2012 reporto una disminución promedio de las poblaciones de mezquite de 500 ha/año entre los años de 1992 y 2002, principalmente para las zonas sur, sureste y centro.



Lo anterior resulta importante debido a que genera la necesidad de implementar zonas donde se realice reforestación de mezquite. Con los resultados obtenidos, se muestra que en el estado de Durango existe potencial para el desarrollo natural y la reforestación de Mezquite. Además de la distribución potencial en la zona noreste del estado, se encontró que, en la zona oeste, principalmente en los municipios de Tamazula, Topía, Santiago Papasquiaro y Otáez, también tiene una importante zona de potencial. Esto es debido a que, en estas áreas, de acuerdo a este estudio, convergen las condiciones edafoclimáticas adecuadas para el desarrollo de *Prosopis laevigata*. Con lo anterior, se abre la posibilidad de desarrollar un plan de producción y aprovechamiento de mezquite. condiciones edafoclimáticas adecuadas para el desarrollo de *Prosopis laevigata*.

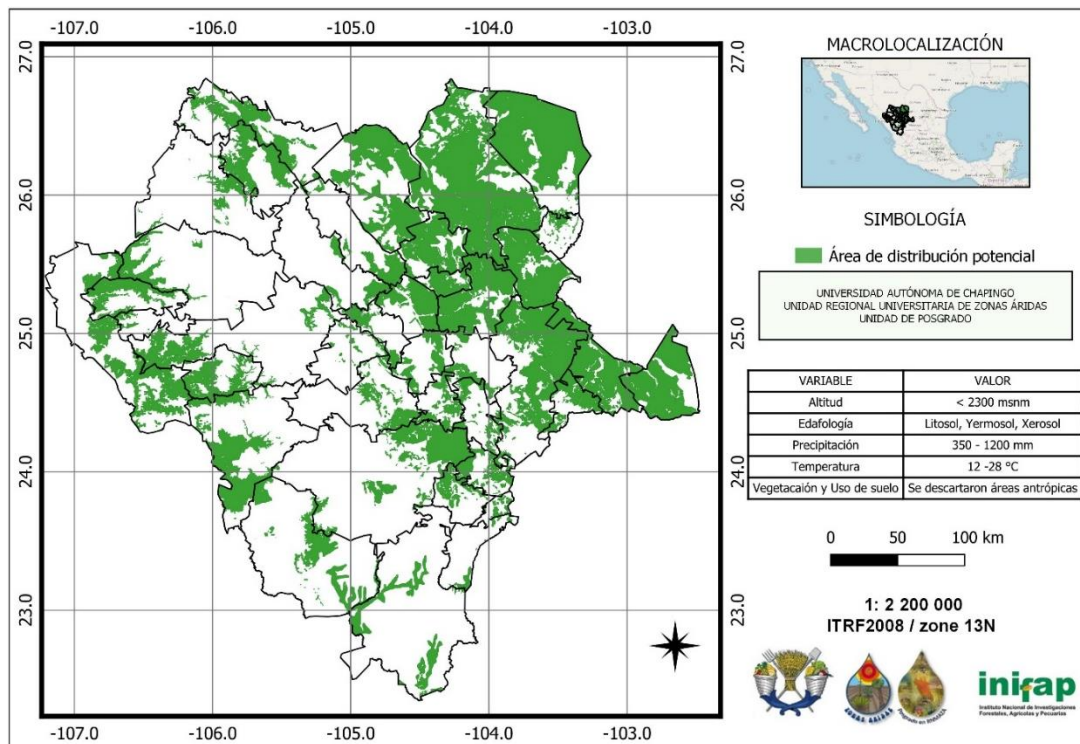


Figura 1. Mapa de distribución geográfica de *Prosopis laevigata* en Durango. (Fuente: Elaboración propia, con el programa software libre QGIS 3.22)

## Conclusiones

*Prosopis laevigata* tiene una amplia distribución en zonas áridas y semiáridas, así como un alto potencial económico, por lo que resulta conveniente generar un plan de aprovechamiento sustentable del mezquite, conocer la distribución potencial es necesario para planificar áreas de muestreo y reforestación. Dentro del Estado de Durango se pudieron ubicar los municipios de Mapimí, Cuencamé, Tlahualilo, General Simón Bolívar y Lerdo, como zonas con alto potencial. La elaboración de este tipo de mapas de distribución potencial ofrece diferentes alternativas que se enfocan principalmente a la planificación, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos fitogenéticos naturales.



## Referencias

- CONABIO, CONAFOR, SIRE. (2022). *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd). Paquetes tecnológicos. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/988Prosopis%20laevigata.pdf> revisado el 30 de septiembre de 2022.
- Montaño Arango, O., Corona Armenta, J., Ortega Reyes, A. & Ramírez Reyna, S. (2021). Uso del mezquite para la sustentabilidad socioeconómica. Un análisis teórico-sistémico. *REMAI, Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 7(2), 1-12. <https://www.remai.ipn.mx/index.php/REMAI/article/view/83>
- Ríos Saucedo, J., Trucíos Caciano, R., Valenzuela Núñez, L., Sosa Pérez, G. & Rosales Serna, R. (2011). Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México (Primera edición). CENID - RASPA. [https://www.researchgate.net/profile/Julio-Rios-Saucedo/publication/304749878\\_Importancia\\_de\\_las\\_poblaciones\\_de\\_mezquite\\_en\\_el\\_norte-centro\\_de\\_Mexico/links/5779af0508ae4645d611f27c/Importancia-de-las-poblaciones-de-mezquite-en-el-norte-centro-de-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Julio-Rios-Saucedo/publication/304749878_Importancia_de_las_poblaciones_de_mezquite_en_el_norte-centro_de_Mexico/links/5779af0508ae4645d611f27c/Importancia-de-las-poblaciones-de-mezquite-en-el-norte-centro-de-Mexico.pdf)
- Rodríguez Saucedo, E., Rojo Martínez, G., Ramírez Valverde, B., Martínez Ruiz, R., Cong Hermida, M., Medina Torres, S. & Piña Ruiz, H. (2015). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*, 10(3), 173-193. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111013>
- Trucíos Caciano, R., Valenzuela Nuñez, L. M., Ríos Saucedo, J. C., Rivera Gonzalez., M. & Estrada Ávalos, J. (2012). Cambio de uso de suelo en Coahuila y Durango. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*, 11(2), 68-74
- Valenzuela Núñez, L., Ríos Saucedo, J., Rivera González, M., Trucíos Caciano, R. & Márquez Hernández, C. (2012). Características ecológicas en dos comunidades de mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. Et Bonpl. Ex Willd.] M. C. Johnst.) en Durango. *Memoria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*, 649-655. [http://faz.ujed.mx/files/sia\\_2012.pdf](http://faz.ujed.mx/files/sia_2012.pdf)





## COMPORTAMIENTO DE LA CLIMATOLOGÍA PARA LA PRESENCIA DE *Moringa oleífera* Lam EN MÉXICO

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>1\*</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>1</sup>, Juan Estrada-Ávalos<sup>1</sup>,  
Ramón Trucíos-Caciano<sup>1</sup>, Julián Cerano-Paredes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, suelo, Planta, Atmósfera. \*Autor de correspondencia: im\_aldo09@hotmail.com

### Introducción

*Moringa oleífera* Lam ha formado parte de la alimentación y medicina tradicional en el sur de Asia por miles de años, pero de auge reciente en México. La moringa es de interés porque puede posibilitar a comunidades marginadas cubrir sus necesidades nutricionales y acceder a potentes sustancias quimioprotectoras. Para conocer cuáles son las condiciones y las áreas apropiadas para los cultivos de la Moringa, es necesario conocer las características ambientales para la presencia y subsistencia de las especies (Peterson et al., 2011). Debido a la importancia económica, ambiental y social de la moringa, es importante conocer los rangos climáticos en cara del cambio climático. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar y evaluar los rangos climáticos de moringa en México con base a variables bioclimáticas y de elevación.

### Materiales y métodos

El área de estudio se centra en México con coordenadas extremas de 17°32'287" a 32°43'06" de latitud Norte y 86°42'36" a 118°27'24" de longitud Oeste. Se descargaron 221 puntos de presencia de *Moringa oleífera* del portal GBIF (GBIF.org, 2022). De la base de datos WorldClim versión 2.1 se descargaron las 19 variables bioclimáticas (Cuadro 1) y el modelo digital de elevación derivado del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) a una resolución espacial de 30 arco-segundos (~1 km<sup>2</sup>) (Fick y Hijmans, 2017).



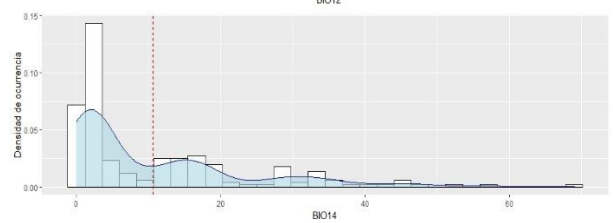
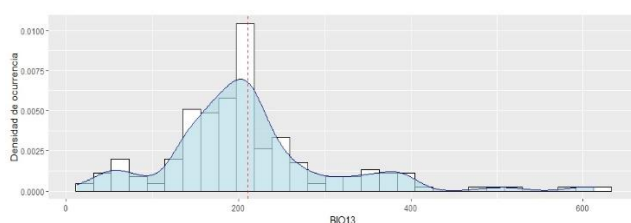
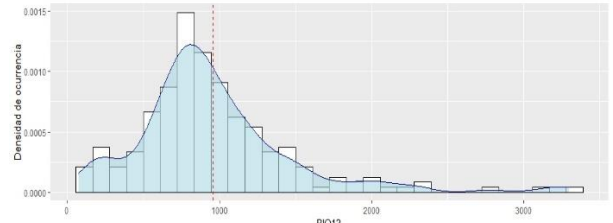
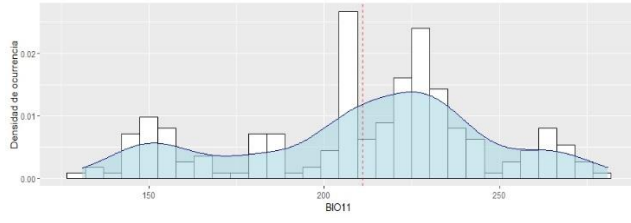
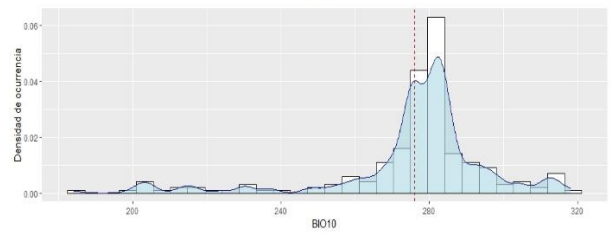
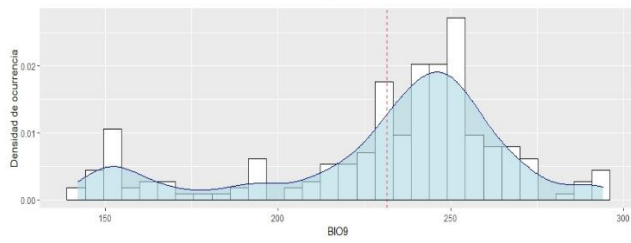
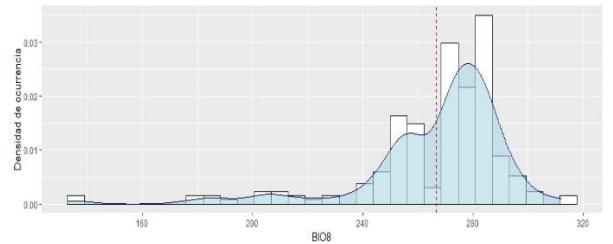
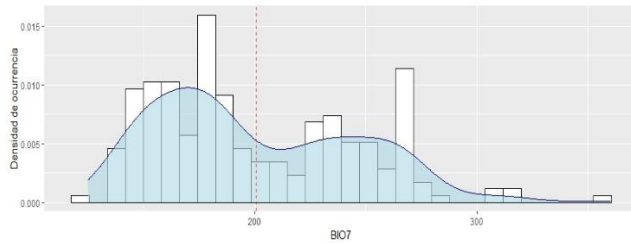
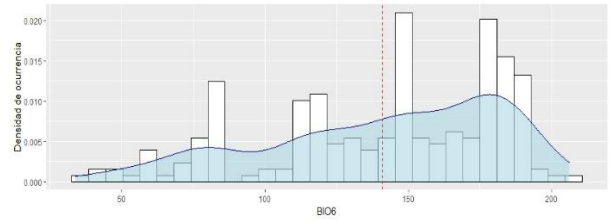
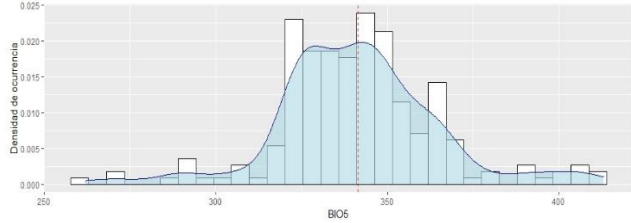
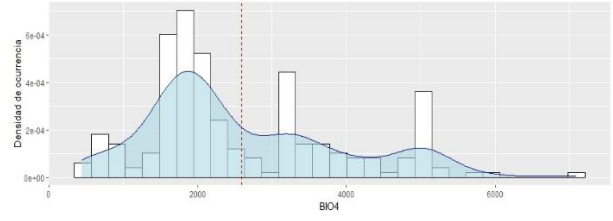
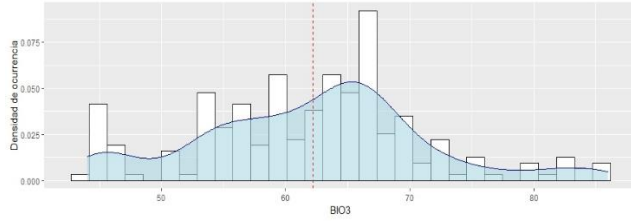
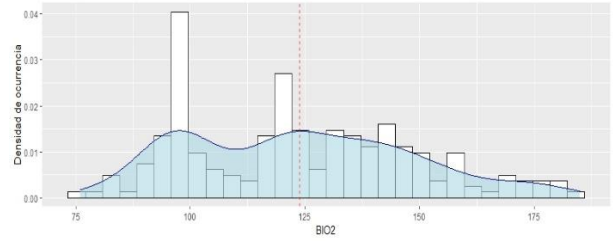
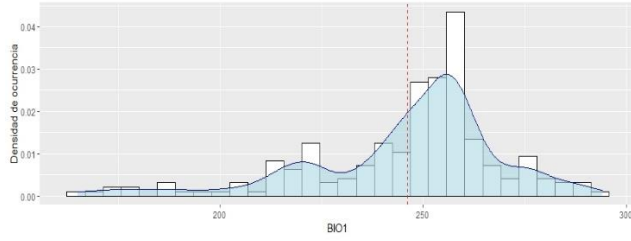
Cuadro 1. Variables bioclimáticas de plataforma WorlClim 2.1.

Variable	Descripción
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango medio diario
BIO3	Isotermas
BIO4	Estacionalidad de temperatura
BIO5	Temperatura máxima de mes más caliente
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad (Coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío

Se exportaron y georreferenciaron los puntos de presencia de la especie en el software QGIS versión 3.26 y se extrajo la información de cada variable de clima y de elevación. Se generaron gráficos de densidad de ocurrencia con base a los puntos de presencia de cada especie con el software R Studio (RStudio Team, 2020).

## Resultados y discusión

Se generaron 20 gráficos que corresponden a las 19 variables bioclimáticas y del modelo digital de elevación para las condiciones ambientales para los puntos de presencia de *Moringa* en México (Figura 1).



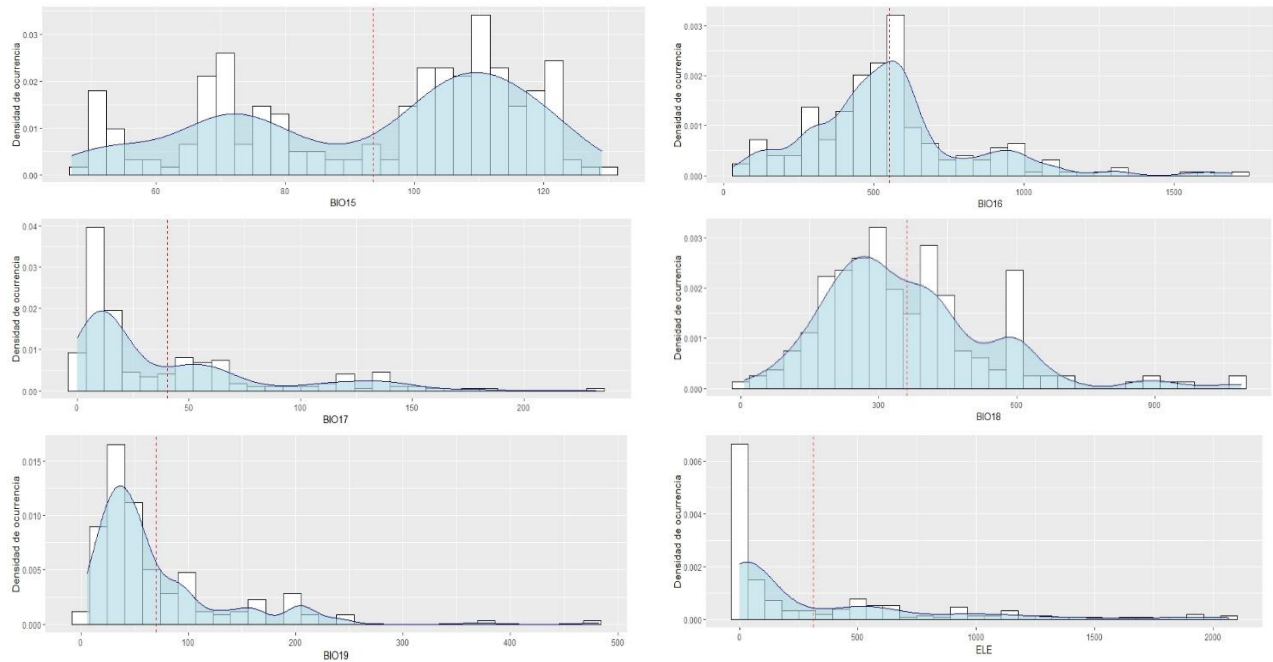


Figura 2. Histogramas de frecuencia y densidad, de las 19 variables bioclimáticas y de elevación, para los puntos de presencia de Moringa en México. La línea vertical punteada es la media de la variable.

Los valores mínimos, máximos, medios y rangos con mayor densidad de ocurrencia se localizan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valores de las variables bioclimáticas y de elevación para Moringa en México.

Variable	Mínimo	Máximo	Promedio	Rango con mayor densidad de ocurrencia
BIO1	16.5 °C	29.4 °C	24.2 °C	25.0 °C – 26.0 °C
BIO2	7.6 °C	18.5 °C	12.2 °C	8 °C – 9 °C
BIO3	4.4	8.6	6.1	6.5 – 6.7
BIO4	4.48	70.83	25.47	18.0 – 22.0
BIO5	26.2 °C	41.3 °C	34.1 °C	31 °C – 32 °C
BIO6	3.4 °C	20.6 °C	14.1 °C	18 °C – 19.5 °C
BIO7	12.5 °C	36.0 °C	20.1 °C	17.0 °C – 18.5 °C
BIO8	13.3 °C	31.2 °C	26.7 °C	27 °C – 28.5 °C
BIO9	14.2 °C	29.4 °C	23.1 °C	24 °C – 25 °C
BIO10	18.4 °C	31.8 °C	27.6 °C	28.0 °C – 29.5 °C
BIO11	13.1 °C	28.1 °C	21.1 °C	24.0 °C – 25.5 °C
BIO12	75 mm	3300 mm	957 mm	750 mm – 800 mm
BIO13	12 mm	614 mm	211 mm	200 mm – 250 mm
BIO14	0 mm	69 mm	11 mm	4 mm – 5 mm
BIO15	47	129	94	120 – 125
BIO16	31 mm	1694 mm	552 mm	500 mm – 510 mm
BIO17	0 mm	232 mm	40 mm	12 mm – 12.5 mm
BIO18	8 mm	1088 mm	361 mm	290 mm – 300 mm
BIO19	6 mm	482 mm	70 mm	25 mm – 26.5 mm
ELE	0 msnm	2068 msnm	313 msnm	200 msnm – 250 msnm



En el estudio de distribución potencial de Moringa en México de Olson y Alvarado-Cárdenas (2016), mencionan que la temperatura media del trimestre más frío, es la variable de mayor relevancia. Es decir, la temperatura más baja a nivel nacional, rige el crecimiento y desarrollo de la especie, en este estudio dicha variable presentó un mayor rango en temperaturas de 24 a 25.5 °C, si bien no son temperaturas frías, este rango es óptimo. En el estudio de los autores anteriores, la precipitación anual es otra de las variables más importantes, en este caso, el rango con mayor densidad de ocurrencia fue de 750 a 800 mm anuales. Cabe mencionar que estas tasas de precipitación se localizan en zonas norte centro de México.

## Conclusiones

Estudios climáticos permiten conocer los rangos y comportamiento de la presencia de las especies. El presente estudio abordó los rangos climáticos de la moringa, ante variables climáticas y de elevación en México. Se lograron identificar 20 rangos con una mayor densidad de ocurrencia de la especie, lo que permite identificar valores ideales para la presencia y establecimiento de moringa.

## Referencias

- GBIF.org (2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.c4u4v5>
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.
- Olson, M.E. y Alvarado-Cárdenas, L.O. (2016). ¿Dónde cultivar el árbol milagro, Moringa oleifera, en México? Un análisis de su distribución potencial. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87(3). <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.007>
- Peterson, A.T., Soberon, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. (2011). *Ecological niches and geographic distributions* Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.



## VARIABILIDAD Y TENDENCIA DEL NDVI EN LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>1\*</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>1</sup>, Juan Estrada-Ávalos<sup>1</sup>,  
Ramón Trucíos-Caciano<sup>1</sup>, Julián Cerano-Paredes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, suelo, Planta, Atmósfera. \* Autor de correspondencia: im\_aldo09@hotmail.com

### Introducción

En percepción remota existe un conjunto de parámetros numéricos que permiten estimar y evaluar el estado de salud de la vegetación con base a la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan. Estos parámetros permiten la construcción de índices, dentro de los cuales el más conocido y usado es el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés). El NDVI se utiliza ampliamente para mejorar la discriminación de cubiertas vegetales, medir el vigor de las plantas y la producción de la biomasa. El peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permite determinar si la vegetación se encuentra sana o si tiene algún grado de estrés. La respuesta espectral que tiene la vegetación sana, muestra un claro contraste entre el espectro del visible, especialmente la banda roja, y el infrarrojo cercano (IRC). Mientras que en el visible los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, en el IRC, las paredes de las células de las hojas, que se encuentran llenas de agua, reflejan la mayor cantidad de energía. En contraste, cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés, ya sea por presencia de plagas o por sequía, la cantidad de agua disminuye en las paredes celulares, por lo que la reflectividad y la señal en el IRC disminuye, sin embargo, aumenta paralelamente en el rojo, al tener menor absorción clorofílica. Esta diferencia en la respuesta espectral permite separar con relativa facilidad la vegetación sana con la de otras condiciones (Tun et al., 2008). Es de vital importancia el índice NDVI para el seguimiento y medición de diferentes procesos y funciones ligadas a cuestiones de rendimiento productivo de los cultivos, degradación, incendios y manejo forestal, así como a los procesos fenológicos ligados a la vegetación. El objetivo del presente estudio, fue analizar la variabilidad y tendencia del NDVI para la cuenca del río Conchos en el estado de Chihuahua.

### Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la cuenca del Río Conchos en el estado de Chihuahua, cuyas coordenadas extremas son 26°05' a 29°55' latitud norte y 104°20' a 107°55' longitud oeste, una superficie de 68,387 km<sup>2</sup> y un gradiente de elevación desde 772 hasta 3282 m.s.n.m. (INEGI, 2013). El clima está conformado por cuatro tipos, muy árido, árido, semiárido y sub-húmedo, la temperatura media anual fluctúa en el rango de 8°C a 18°C con una precipitación media anual de 419 mm (García, 1998).



Se empleó el NDVI de la serie de tiempo del satélite MODIS (MOD13Q1), el cual consiste en una composición de intervalos de 16 días a una resolución espacial de 250 m, generado por el Centro de Observación y Ciencias de la Tierra del Servicio Geológico de los Estados Unidos, con resolución temporal del año 2000 a la fecha (Jenkerson et al., 2010). Para incrementar la actividad fotosintética y eliminar las interferencias atmosféricas, se realizó la composición del valor máximo (CVM) (Stow et al., 2004). La información se extrajo del formato raster de procedencia de acuerdo a las estadísticas de zona de la cuenca.

**Análisis estadísticos.** Se analizaron los valores promedio de NDVI para la cuenca para determinar el comportamiento del índice desde el año 2000 al 2018. Dicho análisis espacial se desarrolló con la capa de uso de suelo y vegetación serie VII de INEGI, (2021)

**Prueba de Pettitt.** La prueba de Pettitt permite examinar un punto de quiebre en una serie de tiempo derivado de una prueba de Mann-Whitney (Mann y Whitney, 1947). La prueba de Pettitt se fundamenta en el cálculo de  $U_t$ , donde T se define a través de la siguiente ecuación (Pettitt, 1979):

$$U_{tT} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i+1}^T D_{ij}$$

Donde  $D_{ij} = -1$  si  $(x_i - x_j) > 0$ ,  $D_{ij} = 0$  si  $(x_i - x_j) = 0$ ,  $D_{ij} = 1$  si  $(x_i - x_j) < 0$ .

**Prueba de Mann-Kendall.** La prueba Mann-Kendall se emplea para detectar la presencia o ausencia de tendencia lineal en una serie de tiempo (Mann 1945; Kendall 1975). Ya sea la serie  $A_i$  ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ ), donde se calcula el estándar multivariable UMK de la siguiente forma:

$$U_{MK} = \frac{S}{\sqrt{Var(s)}}$$

Con  $S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(a_j - a_i)$ ,  $Var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$ , n es el número de datos en la

La existencia de tendencia en la serie de tiempo se define a través del coeficiente "UMK", si  $U > 0$ , la tendencia es hacia arriba y si  $U < 0$  la tendencia es hacia abajo.

Estos análisis se desarrollaron con el programa R versión 3.4.3 con las librerías "Trend" y "Kendall" (R Core Team 2014).

## Resultados y discusión

Las estadísticas de zona permitieron analizar la variabilidad estacional del NDVI en donde los meses agosto y septiembre muestran los valores más altos, periodo relacionado a los mayores volúmenes de escurrimiento derivados de altas precipitaciones de la estación de verano ocasionados por fenómenos atmosféricos de circulación global (Figura 1a).



La tendencia interanual presenta patrones similares, con un valor mínimo histórico de 0.33 para el año 2000 y un máximo histórico de 0.55 para el año 2010 (Figura 1b). En la Figura 1c, se muestra el valor máximo de NDVI para el periodo disponible en el satélite MODIS (2000-2018), se aprecia que históricamente los valores más altos de este índice se ubican en elevaciones mayores a los 2,000 m.s.n.m.; los rangos de ( $NDVI < 0.1$ ) presentan una superficie de 70.68 km<sup>2</sup>, que corresponden a zonas urbanas, rocas, arena o nieve, el rango de ( $0.1 < NDVI < 0.2$ ) abarca 8,933 km<sup>2</sup> que es considerado como vegetación ligera, ( $0.2 < NDVI < 0.4$ ) comprende 29,124 km<sup>2</sup> de vegetación media, y valores de ( $NDVI > 0.4$ ) que indican vegetación alta de bosques templados representan una superficie de 5,587 km<sup>2</sup>, el área restante incluye a los ríos y cuerpos de agua.

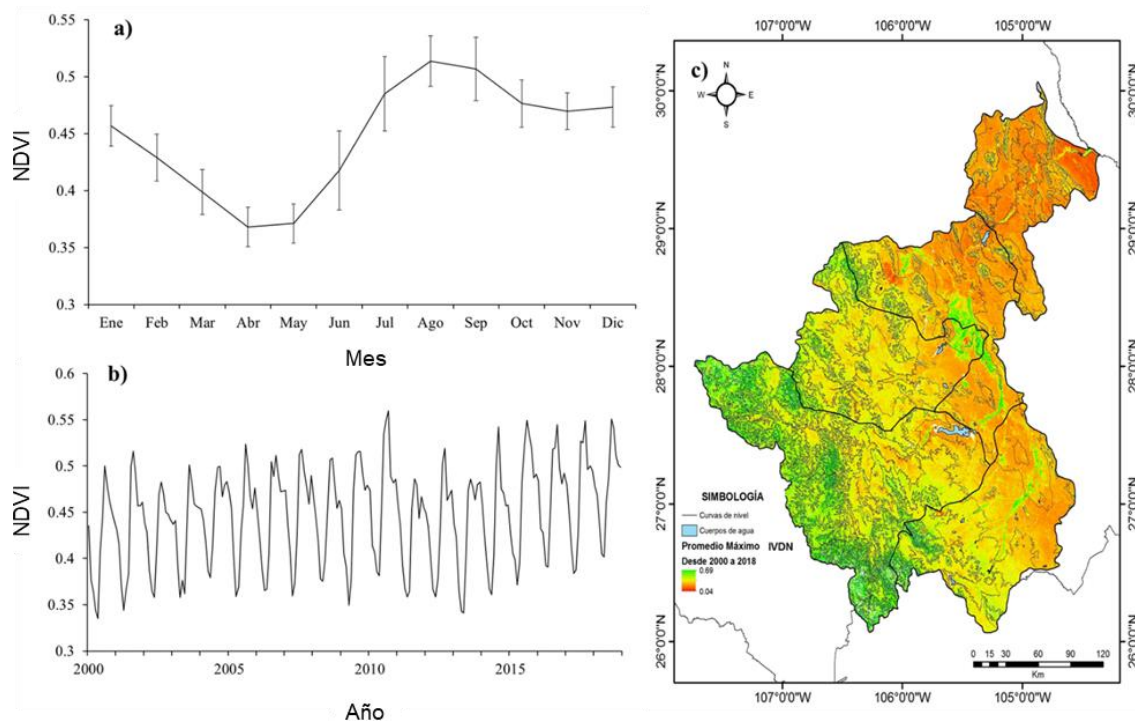


Figura 1. Valores de NDVI obtenidos de MODIS, (a) mensuales desde 2000 a 2018, con desviación estándar, (b) serie temporal mensual y (c) NDVI promedio máximo a 250 m por pixel.

El NDVI presentó un promedio histórico de 0.44 y la aplicación de la prueba Mann-Kendall ( $p < 0.05$ ) muestra una tendencia hacia ascendente con pendiente de 0.16. Esta tendencia es corroborada a través de la prueba de Pettitt con un quiebre en la serie histórica de NDVI en junio de 2015, con una media de 0.43 antes y de 0.47 posterior al quiebre, con un excedente de 9.3 % (Figura 2). Los aumentos y la tendencia ascendente del NDVI es atribuible a las transiciones en uso de suelo que ha atravesado la cuenca de estudio a través de los años, al verse sujeta a aumentos en la frontera agrícola y actividades de reforestación y regeneración natural en la zona alta de la cuenca (Martínez-Sifuentes et al., 2020).



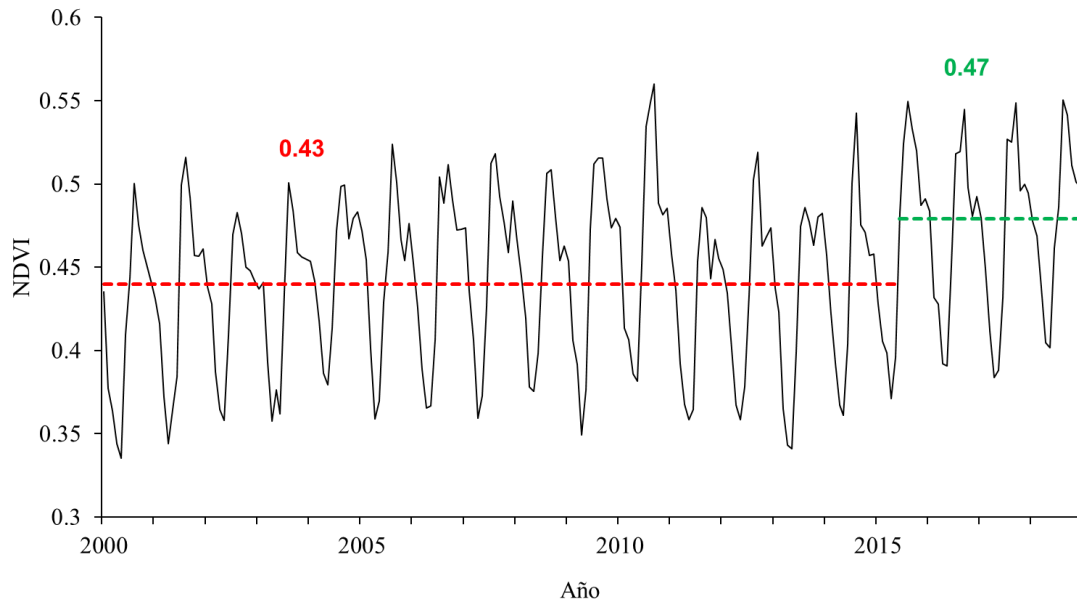


Figura 2. Tendencia del NDVI para el periodo de 2000 a 2018 con punto de quiebre en junio de 2015.

## Conclusiones

El presente estudio permite conocer la variabilidad del NDVI para la cuenca del Río Conchos en el estado de Chihuahua, en donde se logra ver a manera general de la zona, el incremento en la tendencia histórica del índice, lo cual, se puede atribuir a efectos de reforestación en la parte alta, y al incremento en la frontera agrícola, que coadyuvan en el incremento en el año 2015 del NDVI a partir de imágenes del satélite MODIS.



## Referencias

- García E (1998) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 'Climas' (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- INEGI (2021). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2013) Continuo de elevaciones Mexicano 3.0. Aguascalientes, México.
- Jenkerson C, Maier-Sperger T, Schmidt G (2010) eMODIS: A user-friendly data source, U.S. Geological Survey Open-File Report 2010- 1055, 10.
- Kendall MG (1975) Multivariate nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resour Bull* 24(3):505–512
- Mann HB, Whitney DR (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann Math Stat* 18: 50–60
- Mann HB, Whitney DR (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann Math Stat* 18: 50–60
- Martínez Sifuentes, A. R., Villanueva Díaz, J., Estrada Ávalos, J., Vázquez Vázquez, C. y Orona Castillo, I. (2020). Pérdida de suelo y modificación de escurrimientos causados por el cambio de uso de la tierra en la cuenca del río Conchos, Chihuahua. *Nova Scientia*, 12(25). 10.21640/ns.v12i25.2321
- Pettitt AN (1979) A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl Stat* 28(2):126–135
- R Core Team (2014) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Stow D, Hope A, McGuire D (2004) Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic Tundra Ecosystems. *Remote Sensing of Environment* 89: 281–308. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.10.018>.
- Tun, F. J., R. Durán G. y B. Schmook. 2008. Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDVI en los bajos inundables de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica*. Num. 25. pp. 69-73.



## CARACTERIZACION DEL COLOR DE LA SEMILLA EN EJEMPLARES SILVESTRES DE *Phaseolus acutifolius* DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL ESTADO DE DURANGO.

David Ramírez Noya<sup>1\*</sup>, Macario García Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. Herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-U-DURANGO). <sup>2</sup> Colaborador externo del CIIDIR-IPN-UNIDAD DURANGO. \*Autor de correspondencia: dramirez@ipn.mx

### INTRODUCCIÓN

Voysest y Dessertepts (1991) estiman que el tipo de semilla (color, tamaño, forma y textura de la superficie) ha sido el carácter más comúnmente utilizado históricamente, para clasificar y seleccionar las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

La caracterización morfológica de las semillas de frijol (*Phaseolus* spp) es una herramienta indispensable para la comprensión de la genética del género y discriminación de especies o variedades (Freytag y Debouck, 2002; Ocampo, 2004; Espinosa, et al., 2006; Drewes, 2008; Lepiz, et al., 2010; Meza et al., 2015; Morales et al., 2017).

En el presente estudio se consideró dicha característica morfológica para la clasificación de las muestras obtenidas éstas durante los recorridos de exploración por el centro y oriente del estado de Durango. Para lo cual se aplicó en parte lo realizado por Ulloa et al. (2011), Vargas (2011) y Martirena (2017).

### MATERIALES Y METODOS

**Hábitat de muestreo.** La obtención de muestras se realizó en comunidades vegetales con matorral xerófilo, cuyos elementos dominantes fueron básicamente uno o más especies de los siguientes géneros; *Acacia*, *Agave*, *Celtis*, *Fouquieria*, *Opuntia*, *Prosopis* y *Yucca*.

**Área geográfica de muestreo.** Se efectuaron rutas de búsqueda de ejemplares silvestres de *Phaseolus acutifolius*, para su registro y recolección. Los itinerarios de exploración fueron dirigidos hacia localidades que permitieran obtener las muestras para un mayor número de municipios de la mencionada región geográfica. Las actividades fueron principalmente entre los años 2018 al 2021. En principio se han considerado y recorrido todos los municipios de la zona semi árida del estado de Durango.

**Identificación de las muestras.** El material vegetal obtenido se realizó conforme a la técnica descrita por Lot y Chiang (1986); a fin de procesar estas muestras en el Herbario CIIDIR, y para obtener su determinación taxonómica, se recurre a las claves taxonómicas propuestas en los dos siguientes estudios florísticos. Mc Vaugh (1987) y Freytag & Debouck (2002). Además, se consideraron básicamente para este propósito, las imágenes presentes en las páginas web; TROPICOS (<https://www.tropicos.org>) y SEINet (<https://swbiodiversity.org>).



Cuadro 1. Colores de testa por municipio de recolección.

Municipio de recolecta	Colores de testa			Num de recolección	Año de recolección
	1	2	3		
1.- Coneto de Comonfort	si			5320	2018
2.-Cuencamé	si			5697	2021
3.-El Oro	si			5678b	2021
4.- Inde	si			5637	2020
5.- Mezquital		si	si	5676	2021
6.- Nazas	si			5606 y 5688	2020
7.- Nombre de dios		si		4216-b	2014
8.- Peñón Blanco	si			5603	2020
9.- Rodeo	si			5594 b	2020
10.-San Juan de Gpe	si			5640	2020
11.- San Juan del Río	si			5643, 5691b	2020-21

1.-sombra de amarillo      2.-sombra de marrón      3.-gris ceniza

A fin de integrar la información de campo. Además, se anexan los registros de los nombres de aquellos elementos del tipo de vegetación existente en los lugares de recolección, así como la fecha, coordenadas geográficas y altitud. Para estos dos últimos parámetros, se utilizó el programa informático Google-Earth pro, en diferentes versiones.

En el presente estudio no se consideraron ejemplares de *Phaseolus* sp. que se encontrasen; con hábitat de maleza en cultivos agrícolas, tampoco individuos aparentemente silvestres, pero con características morfológicas con apariencia de entes escapados de cultivo ó híbridos.

Cuadro 2. Clasificación de colores de testa.

Número asignado al municipio	Color primario de testa	Color secundario de testa
9, 10, 11	sombra claro de amarillo (#D7D1BD)	veteado y punteado de negro (#000000).
2, 4, 6, 11	sombra claro de amarillo (#BDB7A4)	veteado y punteado de negro (#000000).
1, 3, 6, 8'	sombra oscura de amarillo (#756E57)	veteado y punteado de negro (#000000).
5	gris ceniza (#CDCDCD)	veteado y punteado de negro (#000000).
5	sombra claro marrón (#ECC193)	punteado de negro (#000000).
7	sombra claro de marrón (#FFCE96)	sin color secundario



Análisis cualitativo de semillas. A fin de evaluar el color de la cubierta de las semillas (en forma visual), en el presente estudio, se consideró la indicación de Martirena (*op cit.*) quien toma como referencia el “código hexadecimal de colores”. Para lo cual se consultaron las referencias de éstos en las páginas web encycolorpedía (<https://encycolorpedia.es>) y en w3schools (<https://w3schools.com>), con lo que fue posible consignar su nominación, permitiendo construir grupos de semillas. describiéndose según las particularidades siguientes:

- 1(a)- Semillas con la testa de un solo color.
- 1(b)- Semillas con la testa de más de un color.
- 1(c)- Color del hilio

La variable del color predominante (primario), se consideró el fondo como el color primario, y como color secundario los otros colores a medida que se superponen a ese fondo, registrando el patrón de distribución (de dicho color secundario) como; jaspeado o vetado y rayado ó moteado. En éste ultimo punto, en ocasiones fue necesario la utilización de lupa-microscópica, como auxilio hacia la definición del patrón de distribución del color secundario de la testa (Figura 2).



Figura 1. Colores de *Phaseolus acutifolius* y su referencia en mm.

## Resultados y discusión

Se obtuvieron 13 muestras (de 12 localidades) pertenecientes a 11 municipios.

- 1 (a). - solo una muestra (Cuadro 1, inciso 7 y Figura 1) mostro la testa de un solo color.
- 1 (b). - El color primario predominante es la sombra claro de amarillo (en dos tonos) presente en siete muestras. Cuatro muestras presentaron color sombra oscura de amarillo. En tercer lugar, la sombra claro de marrón (dos variantes) para dos localidades de diferente municipio y finalmente el gris ceniza, para una sola localidad. En esta última localidad se registró dos tipos de color para una misma población (Cuadro 2).
- 1(b´). - Respecto al color secundario, fue la característica más homogénea encontrada en las semillas, siendo el vetado y punteado de negro registrado en 11 de las 13 muestras; y una sola muestra sin color secundario (Figura 1).



1(c). - Hilio, prácticamente en todas las muestras se observó el hilio de color negro y solo una muestra con hilio de color similar al resto de la testa y fue ésta misma la que no presentó color secundario.



Figura 2. Testa común de *Phaseolus acutifolius* en la zona semiárida del estado de Durango.

Con el presente registro fue posible observar que las semillas recolectadas de la parte más seca de la entidad muestran apariencia muy semejante en el color de la testa (sombra de amarillo). Estos caracteres morfológicos permiten intuir la aparente variabilidad genética entre las formas silvestres, al menos respecto al color de semilla.

Los resultados aquí reportados han sido parte de las actividades de los proyectos de investigación del Instituto Politécnico Nacional, claves; SIP-20190258; SIP-20196041; SIP-20201733; SIP-20200824; SIP-20210637 y SIP-20220754.

## Conclusiones

Se estima que estas 13 muestras son una fracción mínima de lo que pudiese encontrar en aquella amplia zona semiárida del estado de Durango. Por lo que el presente trabajo es una primera contribución al conocimiento de la morfología de las semillas de una de las especies silvestre del género *Phaseolus* L. presentes.

Se tiene pendiente la obtención de muestras de los municipios de; Hidalgo, Lerdo, Mapimí, Tlahualilo, San Pedro del gallo, San Luis del cordero, Santa Clara y Simón Bolívar. Esto significa que más del 50% de la región semiárida en estudio, aun no se tienen resultados favorables, pero por las condiciones medioambientales observadas durante los recorridos en estos municipios, se estima que en todos ellos existe la posibilidad (en mayor o menor medida) de encontrar ejemplares de *P. acutifolius*. en su ambiente natural.



## Referencias

- Drewes, S. (2008). Prospección y colecta de germoplasma silvestre de *Phaseolus vulgaris* en la zona central de Argentina. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 155: 9–14.
- Espinosa Alonso, L., Lygin, A., Widholm, J.M., Valverde, M. E., and Paredes-Lopez, O. (2006). Polyphenols in Wild and Weedy Mexican Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L) *Agric. Food Chem.*, 54 (12), 4436–4444.
- Freytag, F. & Debouck, D. G. (2002). *Taxonomy, Distribution and Ecology of the Genus Phaseolus (Leguminosae-papilionoideae) in North America, Mexico and Central America*. BRIT.
- Lépiz Idelfonso, R., López Alcocer, J., Sánchez Gonzalez, J., Santacruz-Ruvalcaba, F., Nuño Romero, R. y Rodríguez Guzmán, E. (2010). Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. *Rev. Fitotec. Mex.* 33 (1): 21 – 28.
- Lot, A. y Chiang, F. [comp.], (1986). *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. UNAM. - CNFM.
- Martirena-Ramírez, A., Veitía, N., García, L., Collado, R., Torres, D., Rivero Quintana, L., Ramírez- López, M. 2017. Caracterización morfológica de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. *Bioteología Vegetal*. 17 (3), 191 – 201.
- Mc Vaugh, R. 1987. *Flora Novo-Galiciana. Leguminosae*. Contr. Univ. Mich. Herb. Ann. Arbor. 5.
- Meza-Vázquez, K. R., Lépiz-Idelfonso, R., López-Alcocer y Morales-Rivera, M. (2015). Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (1), 17 – 28.
- Morales-Santos, M., Peña-Valdivia, C., García-Esteva, A., Aguilar-Benítez, G., Kohashi-Shibata, J. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*. 51(1), 43-62.
- Ocampo, C.H. and Toro Ch., O., (2004) Biochemical evidence supporting the existence of a weedy form in tepary bean (*Phaseolus acutifolius* A. Gray). CIAT, *National Agricultural Library Digital Collections*. 165-166. <https://naldc.nal.usda.gov/catalog/IND43758296>
- Ulloa, J.A., Rosas Ulloa, P, Ramírez Ramírez, JC, Ulloa Rangel, B E. (2011) El fríjol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Fuente* 3 (8), 5-9. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
- Vargas-Vázquez, P., Muruaga-Martínez, J., Martínez-Villarreal, S., Ruiz-Salazar R., Hernández-Delgado, S., y Mayek-Pérez, N. (2011). Diversidad morfológica del frijol ayocote del Carso Huasteco de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82, 767-775.
- Voysest, O. y Dessertepts, M. (1991). Bean cultivars: classes and commercial seed types. In: *Common Beans Research for Crop Improvement*. Schoonhoven AV. & Voysest, O. (ed.). CIAT. 3, 119 – 197.



## ESPECIES DE LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE, FUENTE DE ALIMENTO PARA LAS ABEJAS VERDES (*Agapostemon spp.*) EN EL VALLE DE POANAS, DURANGO, MÉXICO

David Ramírez Noya<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. Herbario del Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-U-DURANGO). \*Autor de correspondencia: dramirez@ipn.mx

### Introducción

La relación que guardan las abejas silvestres con las angiospermas ocupa una posición clave en el mantenimiento y conservación de los ecosistemas naturales y agrícolas (Dafni & O'Toole, 1994; Buchmann & Nabhan, 1996; Daily, 1997, citado por Ramírez-Freire et al., 2012). La riqueza de abejas conocidas de México se estima en 1,589 especies distribuidas en 153 géneros y 6 familias, las que ordenadas de mayor a menor, según el número de especies, son: Apidae, Andrenidae, Megachilidae, Halictidae, Colletidae y Melittidae (Ayala et al., 1998; Michener, 2000; citado por Ramírez-Freire et al., 2012). El presente trabajo se centrará en las abejas verdes, de la familia taxonómica de los Halictidae. México es el país que tiene la mayor cantidad de géneros de Halictidae, que constituye un componente importante de las abejas de regiones tropicales y templadas (Ayala et al., 1998; citado por Ramírez-Freire et al., 2012). Uno de sus géneros es *Agapostemon*, el cual incluye especies tanto de amplia distribución como endémicas estrictas; se distribuye desde el sur de Canadá hasta América del Sur (Ramírez-Freire et al., 2012). Para Durango se han reportado especies de la familia Halictidae (Perez et al., 2017) y en especial de especies de *Agapostemon* (Ayala et al., 1996; Ascher & Pickering, 2010; UNIBIO, 2011; citado por Ramírez-Freire et al., 2012).

### Materiales y métodos

Para el muestreo de los elementos de la vegetación, en su mayor parte compuesto por áreas agrícolas y en menor medida por fracciones pastoreo con vegetación de matorral xerófilo, en este último los elementos dominantes son básicamente; mezquite huizache y nopal. En este ambiente se realizó el registro fotográfico de las especies vegetales de importancia alimenticia para individuos del género *Agapostemon* (las abejas verdes). Por lo que se hicieron recorridos por el Valle de Poanas, (que incluye en parte los municipios de Nombre de dios, Poanas, Suchil y Vicente Guerrero y que comprende una superficie de aproximadamente 850 Km<sup>2</sup>), en el estado de Durango. Esto durante los años de 2018 al 2021. Lo anterior a la par durante el desarrollo del inventario de los recursos florísticos para la especie *Apis mellifera* de la mencionada región (Proyecto financiado por el Instituto Politécnico Nacional). El material recolectado se trabajó en el Herbario y en el laboratorio de entomología del CIIDIR-IPN-U-DURANGO.





## Resultados y discusión

Se presenta un listado de 38 especies pertenecientes a 10 familias. En el cual la familia Asterácea es la mejor representada, con 23 especies. Los resultados aquí obtenidos por el número de especies y de familias, son escasos debido a que son consecuencia paralela al desarrollo de otros proyectos y no fue una prioridad obtener mayor eficiencia en las recolecciones y registro de individuos de *Agapostemon spp* y de sus fuentes alimenticias.

Listado de especies de la flora fanerogámica silvestre visitadas por *Agapostemon spp.* Registradas en el valle de Poanas, Dgo., México.

### ASTERACEAE

*Ageratina brevipes* (DC.) R.M. King & H. Rob.  
*Aldama dentata* La Llave  
*Aldama flava* (Hemsl.) E.E. Schill. & Panero  
*Aster gymnocephalus* (DC.) A.Gray  
*Bidens odorata* Cav.  
*Blumea viscosa* (Mill.) V.M. Badillo  
*Brickellia laciniata* A. Gray  
*Brickellia veronicifolia* (HBK.) A. Gray  
*Cirsium raphilepis* (Hemsl.) Petrak  
*Cosmos bipinatus* Cav.  
*Dahlia coccinea* Cav.  
*Erigeron delphinifolius* Willd.  
*Flaveria trinervia* (Spreng.) Mohr.  
*Helenium mexicanum* HBK.  
*Helianthus laciniatus* A. Gray  
*Psilactis brevilingulata* Sch. Bip.  
*Pyrrhopappus pauciflorus* (D. Don) DC.  
*Sanvitalia procumbens* Lam.  
*Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers.  
*Tagetes lunulata* Ort.  
*Taraxacum officinale* Wigg.  
*Zaluzania augusta* var. *rzedowskii* McVaugh

### BIGNONIACEAE

*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth

### BRASSICACEAE

*Brassica rapa* L.  
*Eruca vesicaria* (L.) Cav.  
*Physaria* sp.

### CACTACEAE

*Opuntia* spp.

### CONVOLVULACEAE

*Ipomoea purpurea* (L.) Roth

### FABACEAE

*Cassia* sp.  
*Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd.

### MALVACEAE

*Anoda* spp  
*Sida* spp.  
*Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) G. Don

### NYCTAGINACEAE

*Mirabilis viscosa* Cav.

### ONAGRACEAE

*Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton  
*Oenothera speciosa* Nutt.

### RUBIACEAE

*Spermacoce verticillata* L.



## Conclusiones.

Es deseable ampliar el conocimiento en cuanto a la diversidad de especies de abejas silvestres para ser más específico en cuanto a sus interrelaciones planta-insecto.

Los resultados aquí reportados han sido parte de las actividades de los proyectos de investigación del Instituto Politécnico Nacional, claves; SIP-20190258; SIP-20196041; SIP-20201733; SIP-20200824; SIP-20210637 y SIP-20220754.

## Referencias

- Pérez Santiago, G. Chaírez Hernández I., Leal Sáenz, A. (2017). Abejas y avispas (orden Hymenoptera). In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio) y Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (srnyma). *La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado. conabio, México.*
- Ramírez-Freire, L. Alanís-Flores, G., Ayala-Barajas, R. Quiroz -Martínez, H. y Velazco-Macías. C.G. (2012). Las abejas del género *Agapostemon* (Hymenoptera: Halictidae) del estado de Nuevo León, México. Bees of the genus *Agapostemon* (Hymenoptera: Halictidae) of the state of Nuevo León, Mexico. *Rev. Mex. Bio.* 83: 63-72,



## PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* Y *Sporobolus airoides*

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Mauricio Velázquez-Martínez<sup>2\*</sup>, Patricia Landa Salgado<sup>3</sup>,  
Francisco Santiago-Hernández<sup>2</sup>, Miguel Ángel Mata-Espinosa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n, Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. CP. 42660. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis - Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Agroindustrias. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. <sup>4</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carr. Gómez Palacio - Chihuahua. Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. \*Autor de correspondencia: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx.

### Introducción

Ante la escasas y mala distribución de lluvia en zonas semiáridas, los pastos (*Poaceae*) son una alternativa forrajera que pueden aprovechar desde 20 mm de lluvia para rebrotar. En México se encuentran distribuidos recursos genéticos de switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino. El pasto switchgrass (*Panicum virgatum* L.) es un pasto perenne C<sub>4</sub>. Sobre producción de semilla en switchgrass Lee et al. (2009) reporta 108 kg ha<sup>-1</sup> en praderas sobre el nivel del mar inferior a 1,000 m. El pasto maicero [*Tripsacum dactyloides* (L.) L.] es un pasto C<sub>4</sub> perenne distribuido en el Noreste mexicano y Este de E.U., utilizado debido a su buena palatabilidad (Coblentz et al. 2010). El pasto zacatón alcalino [*Sporobolus airoides* (Torr.) Torr.] según Cox (1984) es un pasto C<sub>4</sub> dehiscente que se distribuye desde el sureste de Arizona, Centro de Texas y Norte de México con altura de 30 a 90 cm con la característica particular de crecer con 20 mm de lluvia en primavera, cuando otros pastos perennes están dormantes y llega a madurez fisiológica con 200 mm de lluvia y produce 300 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Lo anterior indica que los recursos forrajeros existentes en Norteamérica son de importancia para mejorar la producción forrajera tanto para temporal como en riego. La evaluación de calidad de semilla de pastos está dada principalmente por la evaluación física y fisiológica (Hernández-Guzmán et al., 2015), donde las unidades de dispersión en switchgrass y pasto salado son diásporas, mientras en pasto maicero son cúpulas. En México la investigación de pastos forrajeros como switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino a latitud Norte menor de 20° a más de 2,000 msnm es escasa. También, se tiene necesidad de dar a conocer forrajes alternativos de poca disposición de humedad para rumiantes en el Valle de Tulancingo. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar en el primer año de establecimiento la producción de semilla de *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* y *Sporobolus airoides*, con riego por goteo.



## Materiales y métodos

**Sitio experimental.** El estudio se realizó en Ahuehuetitla, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México a 20° 05 05 LN y 98° 24 51 LO, a 2 172 msnm. El lugar tiene clima templado semihúmedo con temperatura media anual de 16 °C. El suelo del lugar es de tipo vertisol de textura arcillosa (INEGI, 2009). El establecimiento de switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino fue realizado el 22 de abril de 2020 a partir de tallos con raíces vivas de plantas adultas en suelo saturado. Los datos mensuales de precipitación y temperaturas media durante el periodo experimental, se obtuvieron de la Dirección de Protección Civil-bomberos de Tulancingo ubicada a 1 500 m del área experimental (Figura 1).

**Preparación de terreno y origen de los pastos.** Se dio un arado y dos pasos de rastra, se surcó a distancia de 1.2 m, con meseta de 50 cm, después, se colocó cintilla de goteo con acolchado plástico. Cada pasto de su lugar de origen, fue extraído a 30 cm del suelo, después, las plantas se colocaron en macetas (40 cm diámetro x 40 cm de alto) para su transporte, e inmediatamente la parte aérea se cortó a 10 cm de forraje residual y se agregó suelo del lugar. Las plantas de switchgrass se colectaron el 15 de abril de 2020 en Rioverde, San Luis Potosí, México (21° 52 49 LN y 100° 01 25 LO), a 1 004 msnm. Las plantas de zacatón alcalino se colectaron el 17 de abril de 2020 en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México (22° 14 17 LN y 100° 51 20 LO), a 1 838 msnm. Las plantas de pasto maicero se colectaron el 20 de abril de 2020 en Jaltepec, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México (20° 06 21 LN y 98° 25 14 LO) a 2 174 msnm.

**Manejo de las parcelas, diseño experimental.** Cada unidad experimental constó de dos surcos (2.4 m) por 5 m de largo con capacidad para 10 plantas en 12 m<sup>2</sup>, con 90 cm de distancia entre plantas por línea a densidad de 8,333 plantas por ha. El diseño fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se regó cinco días antes de trasplantar con 30 mm de lámina de agua para llevar el suelo a capacidad de campo, y al terminar de plantar se regó con otros 30 mm de agua distribuidos en 10 días para asegurar el establecimiento, posteriormente se regó a los 15 y 30 días después del trasplante con 30 mm por fecha y por último el 15 y 30 de julio con 20 mm por fecha (en cada fecha, la cantidad de agua se distribuyó en 10 días). Después el riego ya no fue utilizado, y se dependió de la precipitación pluvial, ya que se consideró exitoso el establecimiento. No se fertilizó y no se observaron plagas que disminuyeran la producción de forraje.

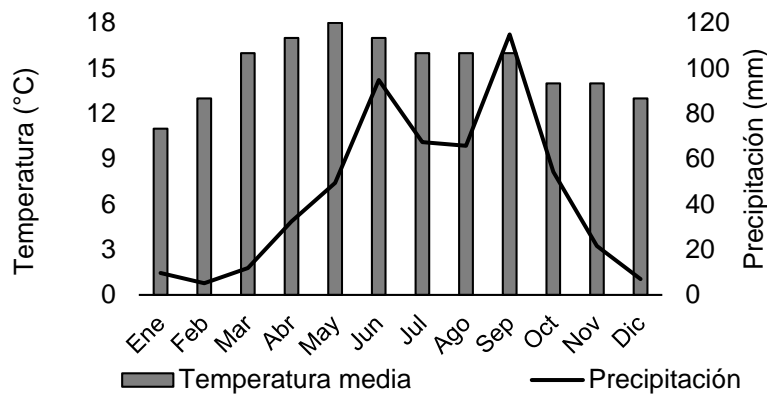


Figura 1. Condiciones climatológicas de precipitación y temperatura promedio en Tulancingo de Bravo, Hidalgo durante el periodo experimental, año 2020.

**VARIABLES EVALUADAS.** Se evaluaron dos ciclos productivos, de abril a agosto, y de agosto a diciembre de 2020. El corte de uniformización se realizó el 21 de mayo de 2020 para el primer ciclo y 20 de agosto para el segundo ciclo. Producción de semilla ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y tallos florales por planta, se contabilizaron los tallos florales con inflorescencia excerta en cada ciclo. Las fechas de colecta de semillas de pasto switchgrass fueron el 14 de agosto y 20 de octubre. Las semillas de zacatón alcalino fueron colectadas el 16 de agosto y 10 de noviembre y las semillas de pasto maicero el 15 de agosto y 13 de noviembre. La producción de semilla fue realizada en cuatro plantas de cada unidad experimental. Se cosechó la inflorescencia de las tres especies y se dispusieron sobre papel estrasa de  $1 \text{ m}^2$  previamente rotuladas en un invernadero con flujo de aire durante 14 días. Posteriormente se separaron las unidades de dispersión de manera manual. La humedad de las semillas se midió con probador de humedad marca LDS-1G con Pantalla LCD (Pekín) hasta que registraron 12-13% humedad constante. Pureza física de semillas o llenado (%), para obtener cariósides a partir de diásporas, fueron pesadas cuatro repeticiones de 3 g, después se usó un tapete y almohadilla de caucho corrugado con fricción manual para separar a cariósides, y posteriormente colocar en cajas Petri y pesar. En el caso de las cúpulas de pasto maicero se usaron pinzas manuales para verificar la existencia de cariósides por cada cúpula, para lo cual se tomaron 500 cúpulas en cuatro repeticiones, ya que su llenado fue incipiente. La viabilidad se determinó de acuerdo a la metodología empleada por Hernández-Guzmán et al. (2015), la cual consistió en humedecer a cariósides durante 6 h, posteriormente, se cortaron semillas de manera longitudinal con ayuda de microscopio estereoscópico, de modo que se expusieron los tejidos embrionarios al tetrazolio al 0.1% durante 12 h a la sombra. La clasificación de viabilidad fue de acuerdo a la intensidad de color; de incoloro a rosa pálido = no viables, de rosa a rojo intenso = viables. Semilla pura viable ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Se determinó mediante la relación de la cantidad de semilla pura en una hectárea multiplicado por el porcentaje de viabilidad con tetrazolio. Los datos obtenidos en laboratorio se analizaron usando un Diseño Completamente al Azar, con GLM de SAS/STAT (2010); la comparación de medias de los tratamientos se efectuó con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).



## Resultados y discusión

El número de tallos florales en el primer y segundo ciclo fue mayor en switchgrass (21 y 34) ( $P < 0.05$ ), respecto a pasto maicero y zacatón alcalino (Figura 2). El número de tallos florales en switchgrass fue similar a lo reportado por Johnson et al. (2017) con  $22 \pm 1$  tallos florales planta<sup>-1</sup>, sobre lo mismo Boe (2007) reportó correlación positiva entre el número de tallos florales con la producción de forraje y semilla, por tanto, a mayor número de tallos florales, mayor producción de unidades de dispersión. Por otro lado, en pasto maicero, Mashingo et al. (2008) relacionan de forma lineal el número de tallos florales con la cantidad de forraje y fecha de cosecha.

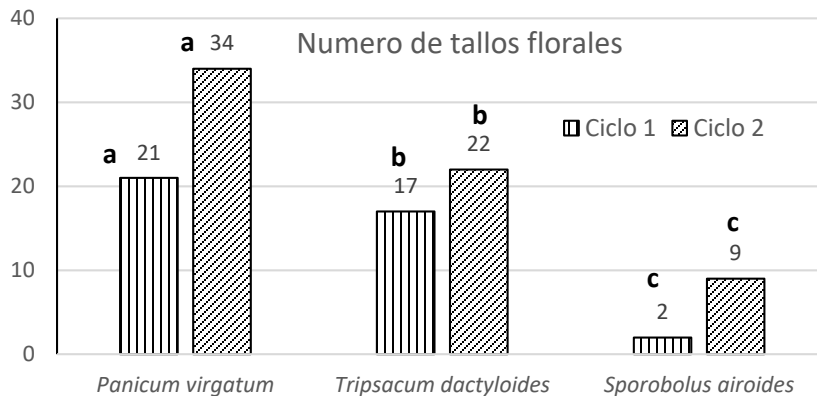


Figura 2. Tallos florales por planta en tres pastos nativos forrajeros mexicanos, establecidos en Tulancingo, Hidalgo, México. <sup>a,b,c</sup> letras minúsculas diferentes en barras de mismo ciclo, son promedios estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Se observó diferencia significativa en rendimiento de semilla, pureza física y viabilidad en los tres pastos estudiados en ambos ciclos ( $P < 0.0001$ , Cuadro 1). En los tres pastos se registró mayor cantidad de semilla en el segundo ciclo en comparación al primero ( $P < 0.05$ ), ya que hubo mayor cantidad de tallos florales, lo cual influyó en mayor cantidad de semilla. Al sumar la producción de semilla en ambos ciclos, hubo similitud entre switchgrass y pasto maicero ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, en pasto maicero se observó llenado de cúpulas de manera incipiente (pureza física) en ambos ciclos ( $P < 0.05$ ) lo que hace que su rendimiento en carióspsides sea pobre, aunado a baja viabilidad ( $P < 0.05$ ), por tanto, menor cantidad de semilla pura viable ha<sup>-1</sup>; así que, para la multiplicación de éste genotipo, la alternativa sería por material vegetal. El rendimiento de semilla o unidades de dispersión fue similar en switchgrass y pasto maicero, pero en el segundo se tiene pureza física incipiente (llenado) comparado con el reporte de Ahring y Frank (1968) en semillas de *T. dactyloides* de un genotipo local de Dakota del Sur, E.U., la cual osciló de 33 a 89%. El rendimiento de semilla de switchgrass es similar a lo reportado por Boe (2007) y Lee et al. (2009), a pesar de ser el primer año. Lo cual indica que el genotipo colectado en Río Verde, San Luis Potosí, México, es de gran valor para producir semillas y forraje.



La pureza física o llenado (%) fue mayor en zacatón alcalino en ambos ciclos ( $P < 0.05$ ) seguido de switchgrass, por tanto, baja producción de semilla en zacatón alcalino es compensada con mayor llenado y con mayor cantidad de semilla pura viable por hectárea. Así mismo, en el segundo ciclo en los tres pastos, se observó disminución de llenado en una unidad porcentual ( $P < 0.05$ ). La viabilidad fue diferente en las tres especies de pasto estudiadas ( $P < 0.05$ ), y se observó menor viabilidad en el segundo ciclo en las tres especies. Por lo anterior, iniciar el rebrote en las primeras semanas después de primavera será importante para no incidir antes en el segundo ciclo aproximado al mes de noviembre, de modo que repercuta en semilla pura viable.

La pureza física fue mayor en zacatón alcalino, por tanto, dadas las condiciones de suelo y clima, esta especie tiene mayor porcentaje de llenado a lo largo de la panícula y los cariósides llegan a madurez con embrión y endospermo en buen estado. El porcentaje de viabilidad de cariósides de switchgrass colectado en San Luis Potosí, México, en primer (85.6) y segundo ciclo (85.4) fue similar al reportado por Kimura et al. (2015) en dos lotes de switchgrass (94 y 85 %), lo que hace que sea una especie con buen vigor según Hernández-Guzmán et al. (2015), ya que cariósides medianos de pasto banderita y cariósides grandes de pasto rhodes mostraron valores de 90 y 87% de viabilidad.

Por otro lado, en pasto maicero, la viabilidad de los cariósides reportada por Huang et al. (2016) fue del 65%, valor similar al genotipo evolucionado en Tulancingo, al respecto se sabe que la viabilidad de semillas botánicas de pastos es afectada desde cosecha y almacenamiento y disminuye debido a la peroxidación de los ácidos grasos insaturados, daño a membranas y DNA (Kimura et al., 2015).

En la cosecha (mecánica o manual) debe cuidarse en gran medida que las semillas o inflorescencias no suden, ya que éste fenómeno disminuye la viabilidad del embrión en coleoriza y/o plúmula del embrión, por tanto, disminuye el vigor, lo que se refleja en menor germinación y disminución de la velocidad de germinación (Quero-Carrillo et al., 2017).

En el presente trabajo la cantidad de semilla pura viable cosechada en switchgrass, permite sembrar de 1.0 a 2.0 ha de acuerdo a Elbersen et al. (2013) con densidad de siembra de 5 a 15 kg de semilla pura viable, aunque hay que tomar en cuenta que las semillas presentan latencia y no todas llegarían a germinar. En el caso de la semilla producida de zacatón alcalino, a densidad de siembra de 500 g de semilla pura viable, permitiría sembrar 19.6 ha.



Cuadro 1. Rendimiento de semilla ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), análisis físico y viabilidad (%) y semilla pura viable  $\text{ha}^{-1}$  (kg) de tres pastos nativos forrajeros mexicanos en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

Pasto	Primer ciclo	Segundo ciclo	Total ambos ciclos, semilla $\text{kg ha}^{-1}$	Primer ciclo	Segundo ciclo	Primer ciclo	Segundo ciclo	Semilla pura viable $\text{ha}^{-1}$ (kg)
	kg semilla $\text{ha}^{-1}$			Pureza física (%)		Viabilidad (%)		
<i>Panicum virgatum</i>	54.6 <sup>aA†</sup>	92.6 <sup>aB</sup>	147.1 <sup>a</sup>	8.26 <sup>bA</sup>	7.20 <sup>bA</sup>	85.6 <sup>bA</sup>	85.4 <sup>aA</sup>	9.1 <sup>a</sup>
<i>Tripsacum dactyloides</i>	66.7 <sup>aA</sup>	110.6 <sup>aB</sup>	177.2 <sup>a</sup>	0.79 <sup>cA</sup>	0.80 <sup>cA</sup>	66.2 <sup>cA</sup>	64.9 <sup>cA</sup>	1.0 <sup>b</sup>
<i>Sporobolus airoides</i>	6.9 <sup>bA</sup>	64.3 <sup>bB</sup>	71.2 <sup>b</sup>	22.70 <sup>aA</sup>	20.81 <sup>aA</sup>	93.0 <sup>aA</sup>	79.9 <sup>bB</sup>	12.3 <sup>a</sup>
Promedio	42.7	89.1	131.9	10.6	9.6	81.6	76.7	7.4
significancia	***	**	***	***	***	***	***	***
EEM	9.5	8.09	12.38	0.498	0.467	1.4	1.39	1.02

† letras minúsculas diferentes por columna y letras mayúsculas diferentes por línea son promedios estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). \*\* $P < 0.001$ , \*\*\* $P < 0.0001$ . EEM = Error estándar de la media.

## CONCLUSIONES

En el primer año de establecimiento en Tulancingo, Hidalgo, el switchgrass fue el que produjo más tallos florales. El mayor número de tallos florales fue importante para generar más semillas, y se incrementa conforme se desarrolla el macollo de los pastos. Switchgrass y pasto maicero son los que más semilla producen, sin embargo, el zacatón alcalino tiene mayor cantidad de semilla pura viable. El pasto maicero tiene llenado de cariósides incipiente en las cúpulas, por lo cual se recomienda propagarse por material vegetal.

## Referencias

- Ahring R.M., Frank H. (1968). Establishment of eastern gamagrass from seed and vegetative propagation. *Journal Range Management* 21:27-30.
- Boe A. (2007). Variation between two switchgrass cultivars for components of vegetative and seed biomass. *Crop Science* 43: 636-642.
- Coblentz W.K., Jokela W.E., Hoffman P.C., Bertra M.G. (2010). Unique dairy applications of eastern gamagrass forages in Central Wisconsin: I. Yield potential. *Agronomy Journal* 102: 1710-1719.
- Cox J.R. (1984). Shoot production and biomass transfer of big sacaton [*Sporobolus wrightii*]. *Journal of Range Management* 37: 377-380.
- Elbersen H.W., Poppens R., Bakker R. (2013). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). A perennial biomass grass for efficient production of feedstock for the biobased economy. A report for the Netherlands Programmes Sustainable Biomass of NL Agency. [The Netherlands. 28p.](#)
- Hernández-Guzmán F.J., Quero-Carrillo A.R., Pérez-Rodríguez P., Velázquez-Martínez M., García-de los Santos G. (2015). Germinación y emergencia de propágulos de pasto, en respuesta a pruebas de vigor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1519-1532.
- Huang W., Wang D., Taylor A.G. (2016). Seed pressing to remove cupules and obtain caryopses in eastern gamagrass. *Seed Science and Technology* 44: 114-124.
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 9p.*





- Johnson C.R., Millwood R.J., Tang Y. (2017). Field-grown miR156 transgenic switchgrass reproduction, yield, global gene expression analysis, and bioconfinement. *Biotechnol Biofuels* 10: 255: DOI: [10.1186/s13068-017-0939-1](https://doi.org/10.1186/s13068-017-0939-1).
- Lee D., Owens V.N., Boe A., Koo B. (2009). Biomass and seed yields of big bluestem, switchgrass, and intermediate wheatgrass in response to manure and harvest timing at two topographic positions GCB. *Bioenergy* 1: 171-179.
- Mashingo M.S.H., Kellogg D.W., Coblenz W.K., Anschutz K.S. (2008). Effect of harvest dates on yield and nutritive value of eastern gamagrass. *The Professional Animal Scientist* 24: 363-373.
- Quero-Carrillo A.R., Hernández-Guzmán F.J., Pérez-Rodríguez P., Pool D., Landa-Salgado P., Nieto-Aquino R. (2017). Germinación y emergencia diaria de cariósides y diásporas de pastos nativos e introducidos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40: 35-44.
- SAS/STAT. (2010). Statistical Analysis System for windows. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.



## ***Prosopis* (MESQUITE) UNA PLANTA MEDICINAL DE ZONAS ARIDAS DEL NORTE DE MEXICO**

Aurora Martínez Romero<sup>1\*</sup>, José Luis Ortega Sánchez<sup>2</sup>, Sandra Isabel Hernández González<sup>1</sup>,  
José de Jesús Alba Romero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. <sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. \*Autor para correspondencia: auroramtzr@gmail.com

### **Introducción**

El género *Prosopis* posee una amplia distribución, principalmente en las zonas áridas y semiáridas del mundo en ellas se pueden contabilizar 44 diferentes especies ubicadas principalmente en América del Sur, América del Norte, este de Asia y centro y norte de África. En México, la población de mezquite ocupa cerca del 50% de la superficie de las zonas áridas y semiáridas de México (Flores-Hernández et al., 2007). Es un árbol perteneciente a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae. A nivel mundial existen 44 especies, de las cuales 11 se encuentran en México (Moreno-Contreras et al., 2017).

El mezquite tiene múltiples usos, ya que su madera es usada como combustible, para construcción de cercas, sus vainas como forraje y como alimento para el hombre; produce resina que tiene uso en la fabricación de pegamentos, material de construcción, fabricación de muebles por su madera fuerte y durable, barnices, forraje, fuente de alimento, combustible y uso medicinal, mientras sus flores son importantes en la producción de miel (Rodríguez-Sauceda et al., 2014).

Para las etnias nómadas precolombinas fue y sigue siendo un recurso biótico con amplia distribución geográfica y ecológica en zonas áridas mexicanas. Sus comunidades proporcionan sitios para recreación humana, refugio de fauna silvestre, fuente de néctar para abejas y otros insectos, es importante en la retención del suelo, ya que previene el proceso de desertificación. El área de distribución del género *Prosopis* está caracterizada por ambientes xéricos donde han desarrollado especiales mecanismos fisiológicos para lograr su sobrevivencia. Poseen gran capacidad de adaptación que le confiere ventajas ecológicas competitivas a través de las cuales logran tener alta cobertura vegetal, por lo que caracterizan fisonómicamente territorios en los cuales predomina el déficit hídrico (Passera, 2000).

Es una especie importante debido a su fijación de nitrógeno y su adaptabilidad a las temporadas de sequía, también proporciona alimento a muchas especies de animales silvestres que se alimentan de su néctar, polen, hojas y vainas. Es una excelente fuente de proteínas, fibra, azúcares y compuestos fitoquímicos como alcaloides, taninos, fenólicos, esteroides, terpenos y flavonoides (Ruiz-Nieto et al., 2020). Es un género de plantas de importancia comercial, que se ha utilizado desde la antigüedad, especialmente con fines medicinales. Tradicionalmente, la pasta, goma de mascar y el humo de hojas y vainas se aplican con fines anticancerígenos, antidiabéticos, antiinflamatorios y antimicrobianos (Henciya et al., 2016).



El género *Prosopis* ha sido utilizado durante muchos años para diversos usos y se han llevado a cabo estudios que le han dado importancia en muchos campos, además tiene una amplia variabilidad de especies, que desempeñan un papel importante por sus efectos en la salud. Por lo que, surge la necesidad de realizar la presente revisión de literatura acerca del género *Prosopis* (mezquite) una planta medicinal de zonas áridas del norte de México.

## Materiales y métodos

La presente revisión sistemática de literatura se realizó en el periodo de febrero a noviembre del 2021. Se utilizaron las bases de datos del administrador de información EndNote y la base de datos EBSCO host, empleando los siguientes términos de búsqueda: *Prosopis*, *Prosopis juliflora*, *Prosopis africana*, *Prosopis cineraria*, recuperando artículos solo cuando se tenían acceso gratuito. La búsqueda se complementó mediante búsqueda específica de Journals y revistas científicas como: Agroforest Syst, Journal of Coastal Life Medicine, Forest Trees, Biomecules, International Journal of Pharma Sciences and Research, Biodiversidad y Distribución Geográfica, Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, etc.

## Resultados y discusión

**Antecedentes.** Desde épocas remotas, el mezquite (*Prosopis* spp) ha constituido un recurso valioso para los habitantes de zonas áridas, quienes encontraron en él múltiples beneficios, ya que todas las partes de la planta son susceptibles de ser utilizadas. Su utilización ha continuado a través de largo tiempo, representando para los indígenas, colonizadores y pioneros, uno de los recursos vegetales más útiles, ya que de él han obtenido: La expansión urbana y el incremento de las actividades ganaderas en los años cuarenta afectaron de manera considerable a las comunidades de mezquite. Sin embargo, aún en la actualidad, el mezquite continúa siendo un recurso de importancia para los habitantes de zonas áridas, quienes llevan a cabo su aprovechamiento como una actividad complementaria a la agricultura, ganadería y explotación de los recursos espontáneos (Rodríguez-Sauceda et al., 2014).

**Genero *Prosopis*.** Las especies de *Prosopis* se distinguen por sus vainas carnosas indehiscentes y la liberación de polen en granos individuales (Fontana et al., 2018). Es un género de árboles y arbustos que se caracterizan por el follaje plumoso resultante de sus hojas bipinnadas con numerosos folíolos pequeños y pequeñas flores actinomorfas y pentámeras, amarillas o blancas reunidas en espigas o cabezuelas elipsoides a globosas de ubicación axilar. En su mayoría son espinosos y tienen vainas subcilíndricas, gruesas o comprimidas, rectas, arqueadas o en espiral, indehiscentes y de mesocarpio carnoso que van desde el color amarillo hasta el negro y las valvas nunca se separan de forma natural, ya sea del árbol o una vez caído (Fontana et al. 2018).



Las semillas de algarrobo se utilizan para la producción de gomas, forraje y alimento proteico debido a su composición química; lo que justifica sus efectos farmacológicos (laxante, energizante, antiinflamatorio, antioxidante) asociados a la especie. *P. juliflora*, un arbusto de hoja perenne, es una de las especies exóticas más invasivas que causa daño económico y ambiental en áreas áridas y semiáridas. Se está extendiendo rápidamente en los pastizales, tierras de cultivo y bosques y, en particular, está amenazando los medios de vida pastoral y agro-pastoral. *Prosopis* ha invadido partes de reservas de vida silvestre y parques nacionales amenazando la biodiversidad. Existen varios factores que favorecen su rápida distribución en el medio ambiente. Su capacidad para adaptarse a una amplia gama de condiciones climáticas, mecanismo de dispersión eficaz, su efecto alelopático, su naturaleza prolífica con un gran banco de semillas en suelo, rápido crecimiento y capacidad de rebrote vigoroso están entre los principales factores. *Prosopis* tiene la capacidad de disminuir la composición y diversidad de especies vegetales y tiene efectos adversos en el rendimiento de los cultivos, así como en la salud animal y humana. El árbol tiene usos potenciales tales como combustible, carbón vegetal, forraje, alimentos, bio-carbón, bio-control, cortavientos, sombra, materiales de construcción y mobiliario y estabilización del suelo. También puede utilizarse contra diferentes enfermedades y mejorar las condiciones ambientales mediante el secuestro de carbono (Mussa-Abdulahi et al., 2017).

*P. juliflora* reveló varias propiedades medicinales debido a sus diferentes compuestos químicos como alcaloides, flavonoides, terpenoides, saponinas y fenólicos. Los compuestos distribuidos en diferentes partes del cuerpo de la planta, como las partes leñosas (raíces, tallo, ramas y corteza), así como las hojas y el polen, se han utilizado para la extracción de sustancias médicamente activas. *P. juliflora* que contiene un grupo diverso de metabolitos secundarios tiene propiedades medicinales únicas y multifactoriales.

Los ensayos fitoquímicos realizados en muestras de semilla previamente secada y macerada en solventes de diferentes polaridades, destacan la presencia principalmente de alcaloides en los extractos acuosos con resultados positivos en las reacciones de Dragendorff, Mayer y Wagner, respectivamente. En el extracto etéreo se obtuvo respuesta positiva para identificación de esteroides (reacción de Lieberman-Burchard) y ácidos grasos (reacción de Sudan) (Zamora et al., 2019).

**Caracteres morfológicos de *Prosopis*.** El sistema de raíces de *P. cineraria* es largo y está bien desarrollado. El crecimiento por encima del suelo es lento, pero debajo del suelo las raíces penetran más profundamente en busca de agua subterránea. Se ha informado de penetración de la raíz principal hasta 35 m de profundidad. El tallo es erecto, ramificado, sólido, leñoso y fuerte con un diámetro de aproximadamente 13-16 cm. Las ramitas jóvenes son de color verde violáceo. Hay espinas (de 0,3 a 0,6 cm de largo) y agallas en el tallo. También tiene anillos anulares en la parte leñosa. El tejido del tallo es a menudo rico en sacos de taninos y conductos de las encías. La corteza es gruesa, dura y de color marrón oscuro. Las verrugas del hígado y los líquenes se encuentran en la superficie de la corteza.



Las hojas, compuestas, bipinnadas, estipuladas, estípulas modificadas en espinas, alternas, pecioladas. Los folíolos son ovados, el ápice es mucronado, la base es desigual y los márgenes tienen una nervadura completa y reticulada. El tamaño de la hoja es de 1-1,5 cm. de largo y 0,4-0,6 cm de ancho. Las flores son regulares, bisexuales, bracteadas, completas, zigomorfas, pentámeras hipógenas. Son de tamaño pequeño color amarillento, aparecen de marzo a mayo después del nuevo brote de hojas. La fruta es leguminosa (vaina). Las vainas carnosas tienen forma de hoz de 10 a 20 cm de largo y contienen pulpa mucilaginoso dulce. Las vainas maduran en mayo-junio. Las semillas son de forma ovoide. De 10 a 25 semillas están presentes en una fruta (Vyas et al., 2020).

El árbol es tolerante a la sal en las etapas de germinación de semillas y plántulas. El alargamiento del tallo y de raíz se retrasa al aumentar el estrés salino. Las raíces y el tallo jóvenes son más tolerantes al estrés salino, seguidos de las raíces y de las hojas viejas. El tejido foliar muestra una reducción máxima en la producción de masa seca en respuesta al aumento del estrés salino. Sin embargo, la producción de raíces jóvenes y la muerte de raíces viejas es continua y la planta aparentemente usa este proceso como un mecanismo para eliminar el exceso de iones y retrasar el inicio de la acumulación de iones en este tejido. Las plantas acumulan  $\text{Na}^+$  en las raíces y pueden regular la transferencia de iones de  $\text{Na}^+$  a las hojas. Los tejidos del tallo son una barrera para la translocación de  $\text{Na}^+$  de la raíz a la hoja (Ramoliya et al., 2007).

**Actividad farmacológica.** La utilización de *Prosopis* proporciona una opción viable para producir productos naturales bioactivos que pueden servir para la industria química y farmacéutica (Seturaman et al., 2014). Los compuestos fenólicos comprenden uno de los más grandes y los grupos más ubicuos de metabolitos vegetales. Ellos son sintetizados para proteger a la planta del estrés fotosintético, especies reactivas de oxígeno, heridas, infecciones y herbívoros. Los compuestos fenólicos parecen estar distribuidos universalmente en las plantas y han sido objeto de un gran número de estudios químicos, biológicos, agrícolas y médicos. Se sabe que muchas plantas del género *Prosopis* tienen propiedades medicinales. Varios fitoconstituyentes como taninos (ácido gálico), esteroides (estigmasterol, campesterol, sitosterol), derivados de flavona (prosogerina A, B, C, D y E), alcaloides (espigigerina, prosofilina) se han aislado de la planta. Se han reportado actividades farmacológicas como analgésico, antipirético, antihiper glucémico, antioxidante, antihipercolesterolémico, antitumoral, nootrópico a partir de diferentes extractos vegetales (Seturaman et al., 2014). Tiene efectos bioactivos determinados a partir de estudios preclínicos *in vitro* e *in vivo* y validados por estudios clínicos, que respaldan sus usos medicinales (Sharifi-Rad et al., 2019).

**Aspectos eco fisiológicos.** La importancia ecológica del mezquite es indiscutible; juega un papel importante en el medio ambiente como planta fijadora de nitrógeno, enriquece el suelo a su alrededor, promueve el crecimiento de matorrales asociados a ella y por tanto previene la erosión del suelo; así mismo actúa como planta nodriza de numerosas especies de aves y roedores (Rodríguez-Sauceda et al., 2014).



La germinación es una etapa delicada en la vida de todos los vegetales, en función de los trabajos existentes sobre este aspecto, se puede observar que las semillas de *Prosopis* poseen la capacidad de germinar en condiciones de elevado estrés hídrico y salino e incluso de alta concentración sódica. Las temperaturas óptimas de germinación indican una adaptación de las diferentes especies a condiciones ambientales (25-40°C). Existe además interacción entre temperatura y disponibilidad hídrica, siendo mayor la necesidad de agua en la medida que las temperaturas sean sub-óptimas. El estado de plántula constituye el momento crítico respecto de la vulnerabilidad de este género para sobrevivir a condiciones adversas. El hábito de enraizamiento, caracterizado por un amplio crecimiento radicular aun cuando el vástago tiene un escaso desarrollo. Esto afirma su condición freatófita facultativa, lo cual permite su desarrollo en bosques abiertos aun en lugares donde el balance hídrico del clima no lo permitiría. El género *Prosopis* presenta ejemplos de altas tasas fotosintéticas para los ambientes que habita. Se han determinado valores de Intercambio neto de Carbono de hasta 30 y 40 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, que son superiores a los de cualquier otro vegetal del desierto y semejante al de especies cultivadas del tipo fotosintético C3 e incluso de las especies del tipo C4. El último aspecto importante de destacar sobre su fisiología es el transporte de fotoasimilados, estos vegetales priorizan sus funciones reproductivas, pero en momentos que no existe floración ni fructificación almacenan sus reservas en troncos y raíces, de esta manera pueden mantener determinadas estructuras, como un eficiente sistema radicular y otras adaptaciones morfo fisiológicas que les confieren ventajas para poder enfrentar extremas condiciones ambientales (Passera, 2000).

***Prosopis* en la medicina tradicional.** *Prosopis* es un género de plantas de importancia comercial, que se ha utilizado desde la antigüedad, especialmente con fines medicinales. Tradicionalmente, la pasta, goma de mascar y el humo de hojas y vainas se aplican con fines anticancerígenos, antidiabéticos, antiinflamatorios y antimicrobianos. Los componentes de *Prosopis* como flavonoides, taninos, alcaloides, quinonas o compuestos fenólicos demuestran potencial en diversas biofunciones, como analgésico, antihelmíntico, antibiótico, antiemético, antioxidante microbiano, antipalúdico, antiprotozoario, antipústula y antiulceroso; mejora de H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, ATPasas; desinfección oral; y efectos probióticos y nutricionales; así como en otras aplicaciones biofarmacéuticas, como la capacidad de unión para la producción de comprimidos. Estudios etnofarmacológicos recientes han demostrado que *P. africana*, *P. cineraria*, *P. juliflora*, *P. alba*, *P. farcta*, *P. glandulosa*, *P. nigra*, *P. ruscifolia* y *P. spicigera* son utilizadas en tratamientos de medicina popular (Sharifi-Rad et al., 2019). Varias partes de *P. africana* (raíces, hojas y corteza) se utilizan como analgésicos y antiinflamatorios.

La administración oral o tópica de hojas, tallos, frutos, flores, cortezas y vainas de *P. cineraria* se utiliza para el tratamiento de espasmos, diabetes, infección hepática, diarrea, cálculos en la vejiga y páncreas, fiebre, gripe, reumatismo, leucorrea, forúnculos, ampollas, picadura de escorpión, disentería crónica, cataratas, asma, infecciones de transmisión sexual y molestias ginecológicas, incluidos trastornos menstruales, como anticonceptivo y para prevenir el aborto.



Las hojas, la encía, la planta entera, flor, tallo y corteza de *P. juliflora* se utilizan como analgésico, tónico corporal, galactagogo y expectorante, o para tratar forúnculos, inflamación de ojos, dolor muscular, cálculos renales, dolor de muelas, cáncer de mama y asma (Sharifi-Rad et al., 2019).

## Conclusión

Se conocieron los usos medicinales del género *Prosopis*. Durante años este género ha sido de utilidad en muchos campos y se han desarrollado diversos estudios para conocer su diversidad morfológica, fisiológica, composición química, así como los usos tanto ecológicos, farmacéuticos, medicinales e industriales.

## Referencias

- Flores Hernández, A., Trejo Calzada, R., Arreola Ávila, J. G., García Herrera, G., Zarate Valdez, J. L., Hernández Herrera, J. A. (2007). Características agroecológicas de la población de mezquite (*Prosopis* spp) en la región de San Juan de Guadalupe, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 6. 211-217.
- Fontana, M., Pérez, V., Luna, C. (2018). Características evolutivas en *Prosopis* spp: citogenética, genética e hibridaciones. *Rodriguésia*. 69(2). 409-421.
- Henciya, S., Seturaman, P., Rathinam James, A., Tsai, Y., Nikam, R., Wu, Y., Dahms, H., Rong Chang, F. (2016). Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). *Revista de análisis de alimentos y medicamentos*. 25(1). 1-10.
- Moreno-Contreras, M., Frausto, G. (2017). Distribución y aprovechamiento de especies de mezquite (*Prosopis* spp) en el municipio de Pénjamo, Guanajuato.
- Mussa Abdulahi, M., Abdulkarim Ute, J., Regasa, T. (2017). *Prosopis juliflora* L: Distribución, impactos y métodos de control disponibles en Etiopía. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 20. 75-89.
- Passera, C. (2000). Fisiología de *Prosopis* spp. *MULTEQUINA*. 9 (2). 53-80.
- Ramoliya, P. J., Patel, H. M., Joshi, J. B., Pandey, A. N. (2007). Effect of Salinization of Soil on Growth and Nutrient Accumulation in Seedlings of *Prosopis cineraria*. *Journal of Plant Nutrition*. 29. 283-303.
- Rodríguez Saucedo, E., Rojo Martínez, G., Ramírez Valverde, B., Martínez Ruiz, R., Cong Hermida, M., Medina Torres, S., Piña Ruiz, H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*. 10(3). 173-193.
- Ruiz-Nieto, J., Hernández-Ruiz, J., Hernández-Marín, J., Mendoza-Carrillo, J., Abraham-Juárez, M., Isiordia-Lachica, P., Mireles-Arriaga, A. (2020). Mesquite (*Prosopis* spp.) tree as a feed resource for animal growth. *Agroforest Syst*. 1139-1149.
- Seturaman Prabha, D., Uwe Dahms, H., Malliga, P. (2014). Pharmacological potentials of phenolic compounds from *Prosopis* spp. *Journal of Coastal Life Medicine*. 2 (11). 918-924.
- Sharifi-Rad, A., et al. (2019). *Prosopis* Plant Chemical Composition and Pharmacological Attributes: Targeting Clinical Studies from Preclinical Evidence. *Biomolecules*.
- Vyas, S., Pandya, D., Mankad, A. (2020). *Prosopis cineraria* as an important plant of arid regions of India. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*. 6(3).
- Zamora Zamora, T., Bello Alarcón, A., Villavicencio Velásquez, M. (2019). The characterization of the oil seed of the ecuadorian species of *Prosopis juliflora*. *Revista Ciencia UNEMI*. 12(31). 30-39.



## CALIDAD DE PLANTA EN *Prosopis glandulosa* Y *Acacia farnesiana* PRODUCIDAS EN DIFERENTES TIPOS DE CONTENEDOR, EN VIVERO

José Luis García Pérez<sup>1\*</sup>, Gabriel Sosa Pérez<sup>1</sup>, Erickson Basave Villalobos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Campana. Km 33.3 Ctra. Chihuahua-Ojinaga, Aldama, Chihuahua, México. <sup>2</sup> INIFAP, Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5.Ctra. Durango-Mezquital, Durango México. \*Autor de correspondencia: garciap.luis@inifap.gob.mx

### Introducción

En las zonas áridas y semiáridas de México existe un fuerte deterioro de los ecosistemas causada por la presión sobre los recursos naturales (Ríos-Saucedo et al., 2011). La deforestación de estas zonas ha reducido severamente las poblaciones de mezquite (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia farnesiana*) debido, principalmente, al aprovechamiento intensivo de los recursos para la obtención de materias primas, producción de leña y carbón, así como a la expansión de la superficie de pastizal. Dada la importancia ecológica, económica y social de estas especies en la región, en los últimos años se han realizado reforestaciones masivas para impulsar la recuperación de estas zonas degradadas (CONAFOR, 2016). Sin embargo, pese a estos esfuerzos la supervivencia de las plantaciones aún es menor al 60 %, debido a factores como herbivoría, sequía, incendios y a la calidad de planta producida en los viveros (Prieto et al., 2016).

Una planta de calidad es aquella que cuenta con atributos morfológicos y fisiológicos necesarios para sobrevivir y establecerse en campo (Duryea, 1985). En la producción de planta de calidad en vivero influyen diversos factores, y uno muy importante es el tipo de envase o contenedor. Tradicionalmente, en México, se han utilizado bolsas de polietileno en la producción de planta forestal de diversas especies. Sin embargo, esta presenta desventajas tanto en la operatividad de los viveros como en la calidad de la planta producida. La tecnificación de los viveros ha introducido el uso de contenedores rígidos de menor volumen y mayor durabilidad, mejorando la eficiencia de los sistemas de producción y los requerimientos específicos para diferentes especies de plantas (Prieto et al., 2012). Además, el uso de estos contenedores permite controlar la cantidad de sustrato, la densidad del cultivo y en consecuencia, la disponibilidad de agua y nutrientes minerales para las plantas, lo que reduce los costos e incrementa la capacidad de producción del vivero. Por otro lado, se facilita el manipulación de la planta durante el proceso de producción y reduce el riesgo de daños físicos (Luna et al., 2009).

La elección del tipo de contenedor debe fundamentarse en criterios como con los hábitos de crecimiento de especie, sus atributos funcionales, las características del sitio y objetivos de la plantación (Luna et al., 2009). Por ejemplo, un contenedor de menor volumen puede producir un confinamiento excesivo de la raíz y en consecuencia un desbalance entre la parte de transpiración (parte aérea) y absorción (raíz).





Esta situación se torna crítica si la planta se destina a condiciones de baja disponibilidad hídrica y altas temperaturas como las típicas de las zonas áridas y semiáridas. Asimismo, la alta densidad del cultivo puede inducir crecimiento aéreo excesivo produciendo plantas muy esbeltas que son más susceptibles a daños mecánicos por viento o fauna (Madrid-Aispuro et al., 2021). Otras características como las dimensiones y el color del contenedor modulan las respuestas morfológicas de las plantas, pero también producen cambios en la estructura y arquitectura del sistema radical (Sánchez- Aguilar et al., 2014). En este sentido, la elección adecuada del tipo de contenedor es crucial para el desarrollo final de la planta y en consecuencia para su desempeño en campo (Domínguez-Lerena, 2006).

Aunque existen numerosos estudios sobre el uso de contenedores en la producción de planta, la mayoría se han enfocado en especies de clima templado y tropical. No obstante, la creciente demanda de reforestación en zonas áridas y la necesidad de mejora en sus procesos hace necesario desarrollar estudios con especies nativas de estos ecosistemas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de cuatro tipos de contenedor sobre los principales atributos dimensionales de calidad de planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana*.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el vivero forestal del Campo Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Aldama, en el estado de Chihuahua, México, entre las coordenadas 28° 51' 4.29" N y 105°52' 0.38" O a una altitud de 1252 m. El clima predominante en la región es el semidesértico con régimen de lluvias en verano precipitación invernal menor a 5% del registro anual y un verano cálido. La precipitación pluvial acumulada anual oscila entre 250 y 350 mm y la temperatura media anual varía entre 18 y 22 °C.

**Condiciones de producción y siembra.** El ensayo se realizó en el periodo de abril a agosto de 2017 bajo una estructura cubierta por malla sombra al 65 % de transmisividad lumínica. Previo a la siembra, se realizó la preparación de la semilla mediante remojo en agua a 96 °C durante 60 segundos para estimular la germinación y remover semillas inviables. Posteriormente, se realizó la desinfección de semilla con fungicida Tecto 60®. En la siembra se depositaron dos semillas por cavidad. La semilla fue recolectada en rodales naturales en el municipio de Aldama, Chihuahua. El sustrato consistió en una mezcla de 60% corteza de pino composteada y 40% mezcla base, la cual estuvo compuesta por 55% turba negra o peat moss, 24 % vermiculita y 21% perlita. Asimismo, se añadieron a la mezcla del sustrato 7 g L de fertilizante de lenta liberación (Multicote®). Durante las diferentes etapas de producción (establecimiento, desarrollo y preacondicionamiento) se añadieron las dosis de fertilización soluble (Peters Professional®), recomendadas por Prieto et al., (2012). Las condiciones microambientales de temperatura humedad relativa se registraron con un dispositivo datalogger modelo HOB0U12 (Onset, Co.) en intervalos de 5 minutos (Cuadro 1).



Cuadro 1. Valores medios, máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa registrados durante el proceso de producción de planta.

Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media
38.36	18.94	28.05	75.11	23.91	47.05

Los tratamientos consistieron cuatro tipos de contenedor de tipo rígido utilizados en la producción masiva de planta para reforestaciones. Estos contenedores, difirieron en algunas características constructivas y dimensionales y en consecuencia en la densidad del cultivo que se indican a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de los envases utilizados en la producción de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en vivero.

Tipo de contenedor	Material	Color	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Diámetro superior (cm)	Longitud (cm)	Cavidades (n)	Densidad (plantas m <sup>2</sup> )
PT-25	Polietileno	Negro	310	6.2	16.1	25	193
PT-54	Polietileno	Negro	220	4.8	13.8	54	398
PS-77	Poliestireno	Blanco	170	4.3	15	77	367
PT-98	Polietileno	Negro	150	3.8	19	98	510

PT: polietileno; PS poliestireno.

Al final del ciclo de producción se realizó un muestreo de cinco plantas por repetición (bandeja), es decir, 15 por tratamiento y se midieron sus principales características morfológicas de calidad de planta. Las variables medidas fueron altura del tallo (cm), diámetro del cuello de la raíz (mm). Posteriormente, las muestras se secaron a 72 °C durante 48 horas para determinar y obtener la biomasa aérea, radical y total (g) y con ello se calcularon los principales índices de calidad de planta forestal: Índice de Robustez (IR), Índice de Calidad de Dickson (ICD) y relación parte aérea/radical (RPAR).

El diseño experimental fue completamente al azar y el procesamiento estadístico de los datos consistió en un análisis de varianza unifactorial donde se probó el efecto de los tipos de contenedor sobre variables morfológicas de calidad de planta ( $p < 0.05$ ). Cuando hubo significación estadística se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Previo a ello se comprobaron los supuestos básicos de normalidad y homogeneidad de varianza. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico R versión 4.2.1 (R Core Team, 2022). En las pruebas de hipótesis se utilizó el paquete "car" mientras que en las comparaciones de medias se empleó el paquete "agricolae".



## Resultados y discusión

El tipo de contenedor modificó significativamente la mayoría de los atributos morfológicos de calidad de planta mostrando un patrón de respuesta similar tanto en *Prosopis glandulosa* como en *Acacia farnesiana* (Cuadro 3). Las plantas desarrollaron mayor crecimiento en altura en contenedores de polietileno en comparación con el contenedor tipo poliestireno (PT-77) sin considerar el volumen o la densidad del cultivo, lo que se atribuyó a diferencias en la temperatura del medio de crecimiento o sustrato (Sánchez-Aguilar et al., 2016). Plantas con mayor altura pueden prosperar mejor en ambientes de competencia por recursos como luz agua y nutrientes, pero en sitios de menor disponibilidad hídrica son más sensibles a la pérdida de agua por evaporación en comparación con plantas pequeñas (Grossnickle, 2012). El crecimiento en diámetro fue significativamente mayor en los contenedores tipo PT-25 y marginalmente en el PT 54 (Cuadro 3), los cuales disponían de mayor volumen, lo que presumiblemente propició el desarrollo radical y en consecuencia un mayor crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (Salto et al., 2016).

La producción de biomasa aérea y total en *Prosopis glandulosa* estuvo fuertemente influenciada por cambios en el volumen del contenedor y en consecuencia con la densidad del cultivo. En cambio, para *Acacia farnesiana* la respuesta fue mayor en el PT 25, pero no respondió a incrementos en el volumen del contenedor, a diferencia de *Prosopis glandulosa*. Al respecto, South et al. (2005) relacionaron aumentos en la producción de biomasa con la reducción de la densidad del cultivo debido a una mayor interceptación de la radiación solar durante el ciclo de crecimiento de las plantas. No obstante, la producción de biomasa radical fue mayor en el PT 25 para ambas especies, sin diferencias entre los contenedores de menor volumen, debidas al confinamiento excesivo del sistema radical. El desarrollo prominente de un sistema radical les confiere a las plantas mayor resistencia a las condiciones adversas de los sitios de plantación y mayor capacidad de exploración y absorción de agua y nutrientes, reduciendo el riesgo de estrés por sequía, incrementando su capacidad de supervivencia en tales condiciones adversas (Grossnickle, 2012).

El tipo de contenedor sólo presentó diferencias significativas en *Acacia farnesiana*, siendo los contenedores de volumen y densidad intermedia (PT54 Y PS 77) los que generaron los mejores valores de robustez. Esta característica las hace menos susceptibles a daños físicos en comparación con las plantas más esbeltas (Rodríguez, 2008). Asimismo, el ICD mostró un patrón ascendente en respuesta a aumento del volumen del contenedor y en consecuencia con la densidad del cultivo, mientras que en *Prosopis glandulosa* la mejor respuesta se encontró sólo en el contenedor de mayor volumen sin diferencias significativas en el resto de los contenedores (Rodríguez, 2008). Finalmente, el balance entre la parte aérea y radical no produjo valores consistentes en favor de alguna característica de los contenedores, pero sobresale el contenedor de PS-77 fabricado de poliestireno con plantas más balanceadas entre las partes de absorción y transpiración (Cuadro 3). En la práctica, este rasgo es asociado con una mejora en las expectativas de supervivencia en campo (Madrid-Aispuro, 2021).

Cuadro 3. Respuestas morfológicas de plantas de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* producida en diferentes tipos de contenedor en vivero.

Tratamiento (contenedor)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Biomasa (g)			IR	ICD	RPAR
			Aérea	Radical	Total			
<i>Prosopis glandulosa</i>								
PT-25	44.83 a	3.09 a	1.52 a	0.55 a	2.07 a	14.49 a	0.12 a	2.8 ab
PT-54	44.35 a	2.89 ab	1.13 b	0.39 b	1.52 b	15.36 a	0.08 b	2.9 a
PS-77	34.48 b	2.68 bc	0.71 c	0.32 b	1.03 c	12.82 a	0.07 b	2.2 b
PT-98	39.55 ab	2.66 c	0.89 bc	0.40 b	1.29 bc	14.87 a	0.08 b	2.4 ab
P value	0.0058	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0959	<0.0001	0.0085
<i>Acacia farnesiana</i>								
PT-25	41.21 a	3.15 a	1.66 a	0.98 a	2.64 a	13.08 ab	0.18 a	1.72 ab
PT-54	38.07 a	3.04 ab	1.20 b	0.66 b	1.86 b	12.54 b	0.13 b	1.85 ab
PS-77	32.45 b	2.86 bc	0.95 b	0.62 b	1.57 bc	11.43 b	0.12 b	1.58 b
PT-98	38.29 a	2.69 c	0.93 b	0.51 b	1.43 c	14.30 a	0.09 c	1.96 a
P value	0.0003	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0004	<0.0001	0.0180

Dentro de columnas, promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente con base en la prueba de la prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$ . IR: índice de robustez, ICD: Índice de Calidad de Dickson, RPAR: relación parte aérea raíz.

## Conclusiones

El tipo de contenedor modificó las características morfológicas de calidad de planta de *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* en vivero. El mayor volumen del contenedor y, en consecuencia, la menor densidad del cultivo promovió plantas con mejores atributos de calidad de planta como el crecimiento en altura, diámetro, la producción de biomasa aérea e ICD, pero no mostró una tendencia clara en la producción de biomasa radical.

Aunque estos resultados, pueden ayudar a la toma de decisiones en los procesos de producción de planta es importante evaluar la respuesta postransplante para relacionar los atributos morfológicos con la supervivencia y crecimiento en campo.

Por otra parte, la decisión de adoptar un tipo de contenedor dependerá del la planta objetivo y de las características del sitio de plantación. También es importante, considerar los costos que implica utilizar más insumos cuando se usan contenedores de mayor volumen, por lo que su valoración debe contemplar estos aspectos.



## Referencias

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2016). Monitoreo de Restauración y Reconversión Productiva 2014. Zapopan, Jalisco, México. 276 p.
- Domínguez-Lerena, S., N. Herrero S., I. Carrasco M., L. Ocaña B., J. L. Peñuelas R., & J. G. Mexal. (2006). Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management*. 221: 63-71
- Duryea, M. L. (1985). Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. In : Duryea, M. L. (ed.) *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test*. Oregon State University, Corvallis. pp:1-4.
- Grossnickle, S. C. (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forest*. 43: 711-738.
- Luna T., T. D. Landis, R. K. Dumroese. (2012). Contenedores: aspectos técnicos, biológicos y económicos. In: Contardi L, H Gonda (eds.). *Producción de plantas en viveros forestales*. Consejo Federal de Inversiones, Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco Buenos Aires, Argentina. p. 78-85.
- Madrid-Aispuro, R. E., J. A. Prieto-Ruíz, J.C. Hernández-Díaz, A. Aldrete, Ch. Wehenkel, & Jorge A Chávez-Simental. (2021). Crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. En vivero y campo producido en diferente tipo de contenedor. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 44(3):435-442.
- Prieto R. J. A., J. L. García R., J. C. Monárrez G., & R. E. Madrid A. (2012), Producción de Planta del género *Pinus*. Folleto técnico Núm. 50. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP-CIRNOC. 44 p.
- Prieto R. JA. & J. R. Goeche T. (2016). Las reforestaciones en México. Problemática y alternativas de solución. Primera edición. UJED Editorial. 79 p.
- Ríos- Saucedo J. C., R. Trucios C., L. M. Valenzuela N., G. Sosa P., & R. Rosales S. (2011). de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México. Libro Técnico Núm. 8. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP-CIRNOC. 220 p.
- R Core Team. (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez Trejo, D. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. México: Mundi-Prensa. 156 p.
- Salto, C. S., L. Harrand, J. Oberschelp, G. Pedro, & M. Ewens. (2016). Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)*, 37(3), 527-537.
- Sánchez-Aguilar, H., A. Aldrete, J. Vargas-Hernández, & V. Ordaz-Chaparro. (2016). Influencia del tipo y color de envase en el desarrollo de plantas de pino en vivero. *Agrociencia*, 50(4), 481-492.
- South D. B., S. W. Harris, J. P. Barnett, M. J. Hains and D. H. Gjerstad. (2005). Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management* 204:385-398.



## AFECTACIÓN DE FRUTOS POR MOSCA NEGRA EN HIGUERA

Manuel Antonio Galindo-Reyes<sup>1</sup>, Erick Baltazar-Brenes<sup>2</sup>, José Carlos Monárrez-González<sup>3</sup>,  
Luis Martín Macías-Valdez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Pabellón. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. \*Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx.

### Introducción

La higuera (*Ficus carica* L.) se cultiva en más de 50 países; en Turquía, Egipto, Grecia, Irán y Marruecos se cultiva el 70% de la superficie (FAO, 2020). En México se cultivan más de mil 300 hectáreas, lo que origina un volumen de producción de más de siete mil toneladas anuales de este fruto (SIAP, 2020).

Las moscas de la fruta se consideran entre las plagas más dañinas de los frutales. Así, la mosca negra del fruto del higo (*Silba adipata* McAlpine), se considera una de las plagas más dañinas de la higuera (Abbes et al., 2021); las pérdidas económicas oscilan entre 12 y 95% (Katsoyannos & Guerin, 1984; Druet, 2015). Actualmente en México, la mosca negra se encuentra presente sólo en algunas áreas con presencia del cultivo hospedante como es en los estados de Aguascalientes, Morelos y Puebla (DGSV-CNRF, 2019). En este sentido, Perales et al., (2021) señalan que las infestaciones de *la mosca negra* en México en los últimos dos años han ocasionado daños al comercio y exportación de higo.

La mosca negra del higo es una especie originaria de la cuenca del Mediterráneo y Oriente Medio. Actualmente, existen muy pocos datos disponibles en la literatura sobre bioecología, síntomas, distribución y daños (Abbes, 2021). En Túnez, se detectó que el grado de infestación o daño de la mosca negra en los higos dependió de la variedad, por ejemplo, la variedad Khenziri mostró un daño de 43% y la variedad Wahchi Thibar presentó un 88% de frutos afectados (Abbes, 2021). En México y en particular en Aguascalientes se requieren de estudios que aborden el daño de la mosca negra del higo, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el daño de frutos por esta mosca en diferentes variedades de higuera.

### Materiales y métodos

La investigación se realizó en un huerto pequeño de higueras que se ubica en el Campo Experimental Pabellón, en Aguascalientes; cuya localización es de 22° 09' Latitud Norte y 102° 16' Longitud Oeste y 1,920 m de altitud. El suelo del huerto es de tipo Calcisol, de textura franco-arenosa, con pH alcalino (7.9), con menos de 1% de materia orgánica (Osuna-Ceja et al., 2013). El clima predominante es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina et al., 2006).



Durante julio del 2021 se trasplantaron en condiciones de suelo y a campo abierto 10 genotipos de higuera con cinco plantas cada uno. Los genotipos en cuestión fueron los siguientes: Selección Chapingo, Netzahualcóyotl, Black Mission, Gran Duque, Gota de Miel Amarilla, Brown Turkey, Cuello de Princesa, White Kadota, Selección Chinoín y Selección Milagro. La plantación se realizó a una distancia de 4 x 1 metros para líneas y plantas, respectivamente; y las hileras se orientaron de Este-Oeste. Las plantas se trataron de conducir en vaso o copa, dejando entre cuatro o cinco ramas principales para favorecer la entrada de la luz y soportar el peso del follaje y de los frutos.

Los 10 genotipos se consideraron como tratamientos. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y como unidad experimental se consideró una planta.

En cuanto al manejo agronómico, el huerto se ha fertilizó con la dosis de 100-80-40-30-20-40 unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO y S, respectivamente, con aplicaciones fraccionadas de por lo menos cinco ocasiones al año. El riego se da por gravedad, en primavera se proporcionó un riego cada 10 días, en verano antes del periodo fuerte de lluvia se aplicó un riego cada siete días y durante el otoño se suministró un riego cada 10 días. El control de maleza se hizo de manera manual con la ayuda de azadón, en dos ocasiones; mientras que el control de plagas y de enfermedades en el huerto fue nulo.

La evaluación del daño por la mosca negra se hizo en la tercera semana del mes de septiembre del 2022, para ello se tomaron número de frutos totales por planta, número y porcentaje de frutos afectados por planta. Como frutos afectados o dañados por la mosca negra se consideraron todos aquellos frutos perforados, tanto caídos como adheridos por la planta. La información se analizó calculando el promedio de los datos para cada una de las selecciones en cada variable mediante el software Excel.

## Resultados y Discusión

**Producción de fruto.** La producción de frutos por planta se determina por múltiples factores entre ellos está el ambiente, el genotipo y la interacción. En este estudio es posible que el genotipo haya tenido gran efecto en el número de frutos por planta, ya que en la Figura 1 se observa amplia variabilidad en cuanto a este carácter; así las variedades Netzahualcóyotl y Gota de Miel Amarilla produjeron más de 60 frutos y la variedad Gran Duque presentó apenas cinco frutos. También, es posible que la variedad Gran Duque requiera de un estímulo para formar frutos como sequía o poda de despunte.

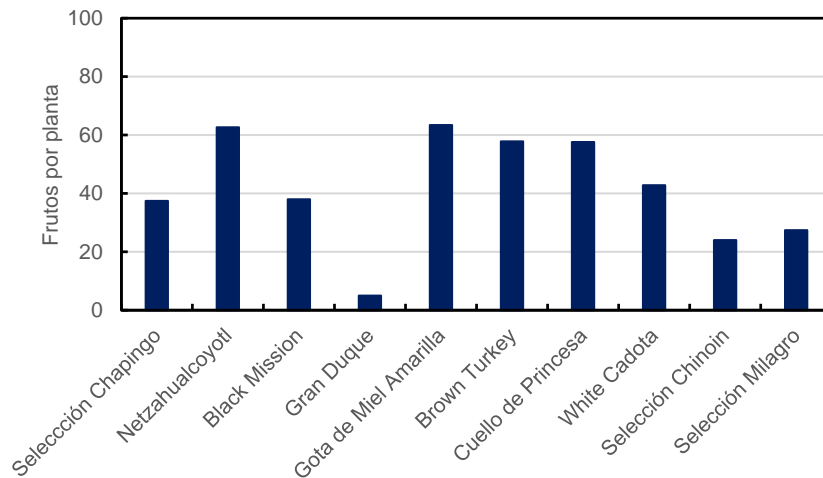


Figura 1. Frutos por planta en diferentes genotipos de higuera.

**Afectación por mosca negra.** La afectación del fruto por la mosca negra de la higuera depende fuertemente del genotipo, ya que el daño varió entre 0 y 47% entre genotipos (Figura 2). Las variedades Gran Duque y Gota de Miel Amarilla mostraron el menor daño ( $\leq 5\%$ ) en el fruto por la mosca negra y la variedad Brown Turkey registró la mayor afectación (47%) de frutos dañados (Figura 2).

Es importante señalar que en el momento del muestreo (tercera semana de septiembre del año 2022) la variedad Gota de Miel Amarilla se encontraba en pleno crecimiento y plena formación de frutos, mientras que la variedad Brown Turkey ya iniciaba con la madurez de frutos, lo que hace posible suponer que el pico máximo de población de mosca negra coincidió con la formación de fruto de esta última variedad y por ello se explica en parte el mayor porcentaje de daño.

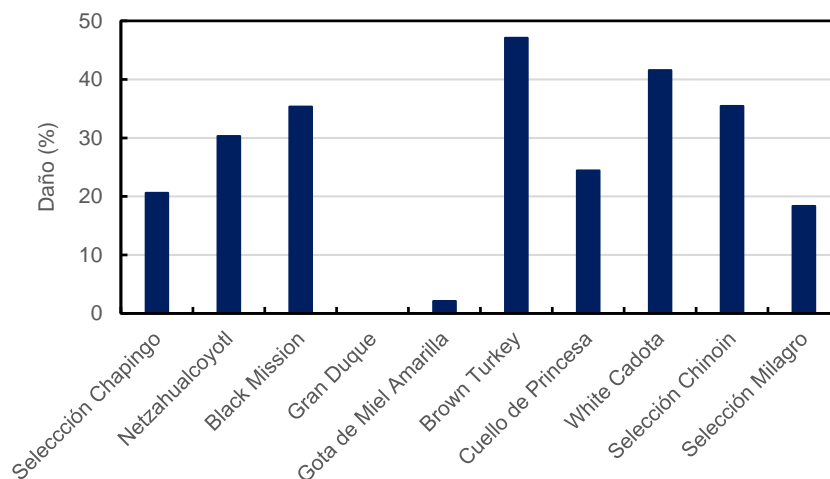


Figura 2. Afectación de frutos por mosca negra de la higuera en diferentes genotipos.





## Conclusiones

Las variedades Netzahualcóyotl y Gota de Miel Amarilla produjeron la mayor cantidad de frutos y la variedad Gran Duque presentó la menor cantidad de frutos. Las variedades Gran Duque y Gota de Miel Amarilla presentaron el menor daño en el fruto por la mosca negra y la variedad Brown Turkey presentó el mayor daño.

## Referencias

- Abbes, K., A. Hafsi, A. Harbi, M. Marte, and B. Chermiti. 2021. The black fig fly *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. *Phytoparasitica* 49: 49-59.
- DGSV-CNR. 2019. Mosca negra del higo *Silba adipata* McAlpine, 1956 (Diptera: Lonchaeidae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica 78. Tecamac, Estado de México, 15 p.
- FAOSTAT. 2020. Producción de higo en México. <https://mexico.infoagro.com/produccion-de-higo-en-mexico/>.
- Katsoyannos, B. I., & Guerin, P. M. 1984. Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 35:71-74.
- Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.
- Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J. S., Rosales-Serna, R., Martínez-Gamiño, M. A., Acosta-Gallegos, J. A. y Figueroa-Sandoval, B. 2013. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:1209-1221.
- Perales, R. D, Sánchez D., Paz M. y R. Pérez. 2021. Efectividad biológica de atrayentes para el monitoreo de *Silba adipata* en Higo en Morelos, México. *Southwestern Entomologist* 46:991-1000.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Estadísticas. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo).



## DAÑOS POR LA ROYA (*Cerotelium fici*) EN HIGUERA

Manuel Antonio Galindo-Reyes<sup>1</sup>, Erick Baltazar-Brenes<sup>2</sup>, José Carlos Monárrez-González<sup>3</sup>,  
Luis Martín Macías-Valdez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Pabellón. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Valle de Guadiana. \*Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx.

### Introducción

La higuera (*Ficus carica* L.) se produce en más de 50 países; en Turquía, Egipto, Grecia, Iran, Marruecos y EE UU se cultiva el 70% de la superficie (FAO, 2020). En nuestro país, la producción de higo ha cobrado gran importancia durante los últimos años, debido a la creciente demanda en el mercado internacional (Del Sol-Rodríguez et al., 2021). Dentro de las enfermedades foliares de la higuera, la roya [*Cerotelium fici* (Butler) Arthur] se considera la principal enfermedad que afecta la higuera (Kenneth, 2013). La enfermedad se favorece por el clima cálido y húmedo durante el período de vegetación. generalmente, se desarrolla a fines del verano, cuando las plantas infectadas pueden defoliarse en unas pocas semanas debido a la rápida propagación de la enfermedad y al corto período de incubación (Latinovic et al., 2015). La roya se ha detectado atacando en viveros y cultivos en varios estados de la república como Ciudad de México, Estado de México, Morelos Y Puebla (Solano-Báez et al., 2017). También, en el estado de Aguascalientes se encontrado atacando follaje durante los últimos tres años. Ante esta situación, el objetivo de esta investigación fue determinar la incidencia y la severidad de esta enfermedad en varios genotipos de higuera durante el mes de septiembre.

### Materiales y métodos

La investigación se realizó en un huerto pequeño de higueras que se ubica en el Campo Experimental Pabellón, en Aguascalientes; cuya localización es de 22° 09' Latitud Norte y 102° 16' Longitud Oeste y 1,920 m de altitud. El suelo del huerto es de tipo Calcisol, de textura franco-arenosa, con pH alcalino (7.9), con menos de 1% de materia orgánica (Osuna et al., 2013). El clima predominante es semidesértico con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.2 °C, la media anual máxima es de 20 °C y la mínima es de 7.1 °C (Medina et al., 2006).

En el mes de julio del año 2021 se trasplantaron en condiciones de suelo y a campo abierto 10 genotipos de higuera con cinco plantas cada uno. Los genotipos en cuestión son los siguientes: Selección Chapingo, Netzahualcóyotl, Black Mission, Gran Duque, Gota de Miel Amarilla, Brown Turkey, Cuello de Princesa, White Kadota, Selección Chinoín y Selección Milagro. La plantación se realizó a una distancia de 4 x 1 metros para líneas y plantas, respectivamente y las hileras se orientaron de Este-Oeste. Las plantas se trataron de conducir en vaso o copa, dejando entre cuatro o cinco ramas principales para favorecer la entrada de la luz y soportar el peso del follaje y de los frutos.



Los 10 genotipos en cuestión se consideraron como tratamientos. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y como unidad experimental se consideró una planta.

En cuanto al manejo agronómico, el huerto se ha fertilizó con la dosis de 100-80-40-30-20-40 unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO y S, respectivamente, con aplicaciones fraccionadas de por lo menos cinco ocasiones al año. El riego se proporciona por gravedad, en primavera se aplicó un riego cada 10 días, en verano antes del periodo fuerte de lluvia se aplicó un riego cada siete días y durante el otoño se suministró un riego cada 10 días. El control de maleza se hizo de manera manual con la ayuda de azadón, en dos ocasiones; mientras que el control de plagas y de enfermedades en el huerto fue nulo.

Como variables de respuesta se evaluaron el número de hojas totales e incidencia o afectación de la roya por rama mediante una escala de estimación visual. Se observaron los síntomas de la roya en todas las hojas de dos ramas por planta, una hacia el norte y otra hacia el sur. La incidencia por la roya se determinó con la formula siguiente:

$$I (\%) = (n/N) * 100$$

I= Incidencia

n= Número de hojas enfermas por rama

N= Número de hojas totales por rama

Todos los datos se analizaron calculando el promedio de los datos para cada uno de los genotipos en cada variable mediante el software Excel.

## Resultados y Discusión

**Hojas por rama.** El número de hojas por rama o tallo de los diferentes genotipos fluctuó entre 16 y 26. El mayor número de hojas (26) por tallo correspondió a la variedad Black Misión y el menor número de hojas (16) resultó para la variedad White Cadota (Figura 1). El menor número de hojas logrado por la variedad White Cadota y la Selección Milagro se atribuye al menor vigor de la planta y menor longitud de ramas o brotes. La mayor producción de hojas por tallo puede ser una ventaja para producir una mayor acumulación de materia seca y posiblemente mayor rendimiento.

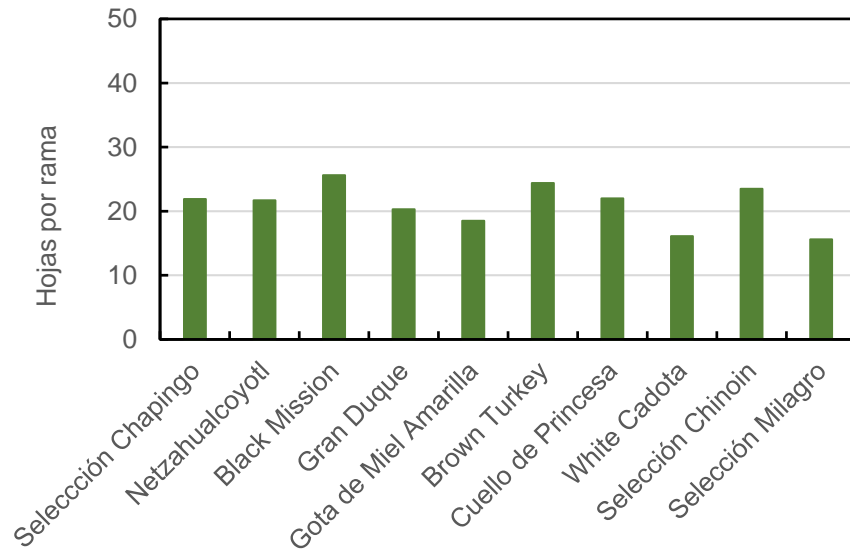


Figura 1. Hojas por rama en higuera de diferente genotipo.

**Incidencia o afectación por la roya.** La incidencia de la roya en las diferentes variedades y selecciones varió entre 10 y 65% (Figura 2). La mayor afectación por la roya de la higuera ocurrió en la variedad Cuello de Princesa con un 65% y la menor incidencia se presentó en la Selección Milagro con un 10%.

El menor número de hojas por rama y por planta en la Selección Milagro puede ayudar a tener menor incidencia de la roya de la higuera debido a que en el dosel existe menos sombreado o concentración de humedad que favorecen el desarrollo de la enfermedad fungosa en cuestión.

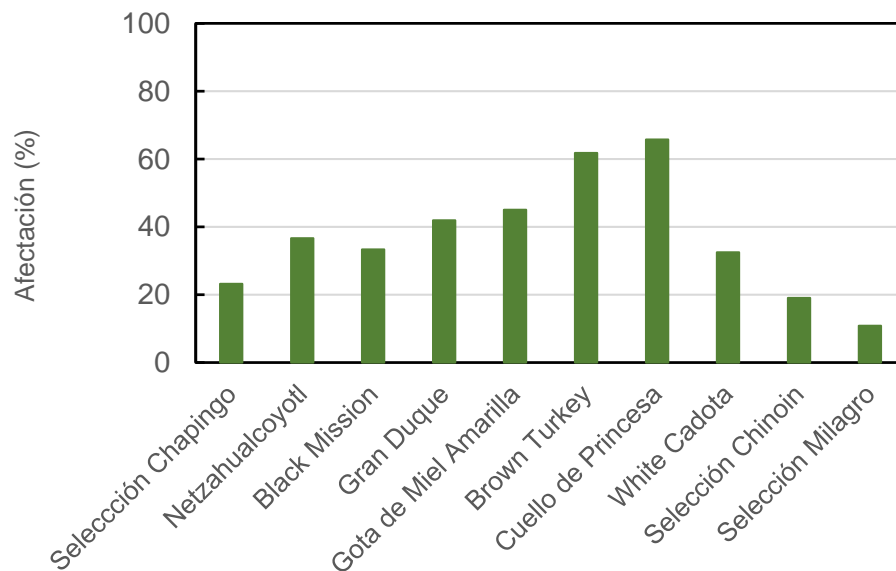


Figura 2. Afectación de las hojas por la roya en diferentes genotipos.



## Conclusiones

La variedad Black Misison presentó el mayor número de hojas por tallo o por rama y la Selección Milagro fue la que menos produjo hojas. La Selección Milagro presentó la menor incidencia de roya de la higuera y la variedad Cuello de Princesa mostró la mayor afectación por hongo.

## Referencias

- Del Sol-Rodríguez, N., D. Guillén-Sánchez, I. Alia-Tejacal, P. Juárez-López y V. López-Martínez. 2021. Incidencia y severidad de roya causada por *Cerotelium fici* en higo (*Ficus carica*) en Morelos, México. Centro Agrícola 48:43-51.
- FAO. 2020. Producción de higo en México. <https://mexico.infoagro.com/produccion-de-higo-en-mexico/>.
- Kenneth, R. 2013. Field manual of diseases on fruits and vegetables. Springer Dordrecht Heidelberg, London, 131 pp.
- Latinovic, J., S. Radisek and L. Latinovic. 2015. Severe infection of figs by fig rust pathogen *Cerotelium fici* in Montenegro. Agriculture & Forestry 61:101-107.
- Medina, G. G.; Maciel, P. L. H.; Ruiz, C. J. A.; Serrano, A. V. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (periodo 1961-2003). INIFAP. Campo Experimental Pabellón, Fundación Produce, Aguascalientes. Libro técnico núm. 2. SAGARPA.
- Osuna-Ceja, E. S., Reyes-Muro, L., Padilla-Ramírez, J. S., Rosales-Serna, R., Martínez-Gamiño, M. A., Acosta-Gallegos, J. A. y Figueroa-Sandoval, B. 2013. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4:1209-1221.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Estadísticas. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo).



## COMPORTAMIENTO DEL PH, MATERIA ORGÁNICA, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SODIO EN TRES TIPOS DE ESTIÉRCOL DURANTE EL VERMICOMPOSTAJE

Liliana Castañeda Rojas<sup>1\*</sup>, Jesús G. Arreola Ávila<sup>1</sup>, José Ramón Hernández Salgado<sup>1</sup>, Ricardo Trejo Calzada<sup>1</sup>, Cristóbal Hernández Bautista<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas km. 40 Carr. Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Durango, México. \*Autor de correspondencia: liarojas770@gmail.com

### Introducción

El estiércol animal es un recurso importante para el manejo sustentable del suelo. Su incorporación en las prácticas agrícolas reduce el uso de fertilizantes minerales y aporta nutrimentos en los sistemas de cultivo (Hou et al., 2022). Sin embargo, el uso de estiércol crudo puede aumentar la conductividad eléctrica (CE) debido a los altos niveles de sales que presentan los desechos de ganado lechero (Taylor et al., 2018) llegando a afectar de manera negativa su estructura, así como el crecimiento de cultivos. En este sentido, el vermicompostaje es una alternativa para dar un pretratamiento a residuos ganaderos como lo señala Ge et al. (2022), que sea de forma eficaz, para evitar condiciones iniciales de inestabilidad y menor madurez de este material orgánico. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el crecimiento poblacional de *Eisenia foetida* y el cambio de pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO) y sodio (Na) que ocurren durante el vermicompostaje en tres fuentes de estiércol.

### Materiales y métodos

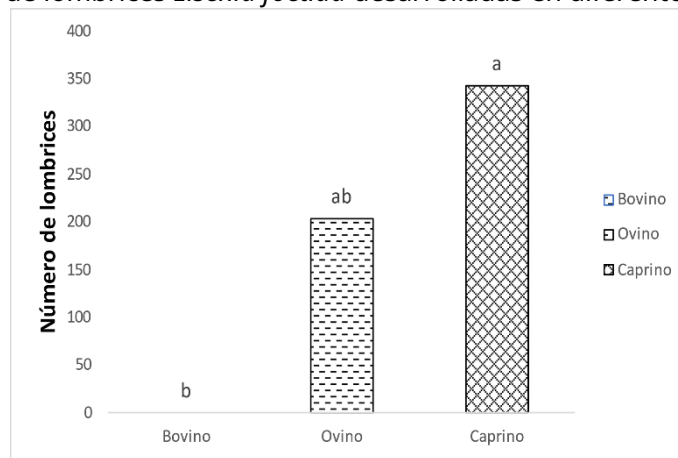
El presente experimento de vermicompostaje se realizó con estiércol de ganado bovino (EB), caprino (EC) y ovino (EO) respectivamente y se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, en mayo de 2022. El sitio del estudio se ubica en las coordenadas 25°53'49.67"N y 103°36'16.99"O a una altura de 1114 msnm. Se utilizaron piletas de block de 40 cm de alto de un metro por dos metros, sobre los cuales se colocó una malla sombra con 90% de retención de radiación. Los tres materiales fueron colectados en corrales de la posta zootécnica de la misma universidad. Durante el proceso de vermicompostaje se trabajó con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), para determinar el efecto de estiércol (6 kg) sobre la población de lombriz, expresada en número de lombrices. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Se utilizó el programa MINITAB versión 17 para analizar estadísticamente el número de lombrices. Se determinó también, en estiércol y composta el pH, CE, MO y Na en tres muestras de cada fuente. Las muestras se analizaron mediante el método 983.04 de acuerdo con AOAC (2007), Walkley y Black (1934) para MO.



## Resultados y Discusión

La fuente de estiércol tuvo un efecto significativo sobre la mortandad de lombrices (Figura 1), se observó que el estiércol de bovino fue letal en esta especie debido probablemente a la elevada CE y al pH más alcalino, como resultado de los componentes químicos que se agregan a la dieta del ganado estabulado en la cuenca lechera de la Comarca Lagunera. Resultados similares sobre crecimiento poblacional de lombrices fueron encontrados por Morales-Munguía et al. (2009), donde en esta misma fuente de estiércol tuvieron un crecimiento poblacional muy pobre, a pesar de una disminución en pH y CE sí se afectó la población de lombrices. Por otra parte, hubo un aumento de 4.08 y 6.86 veces de la población de lombrices en estiércol de ovino y caprino respectivamente, mostrando este último mejores características para la producción de vermicomposta.

Figura 1. Número de lombrices *Eisenia foetida* desarrolladas en diferentes tipos de estiércol.



Columnas con letras desiguales son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p=0.05$ ).

El pH en estiércol caprino fue de 7.7 y en estiércol ovino de 7.8, mientras que en el estiércol bovino se elevó a 8.8. Este último puede ser resultado de la dieta balanceada utilizada en el sistema de producción estabulado. Caso contrario se observó en los valores de vermicomposta en los cuales el valor inferior de 6.2 correspondió al estiércol bovino. Lo anterior pone de manifiesto el papel que tiene la actividad de las lombrices sobre el mejoramiento del pH (Figura 2), del mismo modo que Gong et al. (2019) encontraron que las lombrices reducen los niveles de pH al modificar las comunidades bacterianas del sustrato, cambiar el hábitat y suministro de nutrientes.

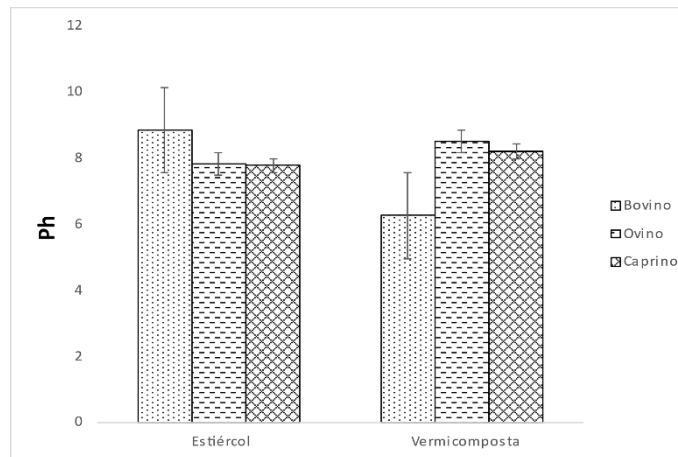


Figura 2. Cambio en pH durante el proceso de vermicompostaje.

En la figura 3 se muestra la CE encontrada en las tres fuentes de estiércol y vermicompostaje. La conductividad eléctrica en estiércol bovino fue de 13.83 mientras que en estiércol de ovino y caprino fueron de 3.13 y 2.97 respectivamente. El uso de sales en las dietas de ganado estabulado incrementó considerablemente la CE observada en este estudio. La CE encontrada en la vermicomposta de bovino fue de 12.32, equivalente a un 11% de CE menor que el observado en estiércol. En el caso de vermicomposta de ovino y caprino se observó una CE de 3.34 y 3.61 respectivamente, observándose un muy ligero incremento. La disminución de CE en el proceso de vermicompostaje en estiércol bovino coincide con lo obtenido con Morales-Munguía (2009), donde la CE disminuyó con el tiempo debido a la pérdida de masa de sales y atribuyéndolo finalmente a la lixiviación durante el mismo proceso. Caso contrario, lo reportado por Fereshteh & Somayeh (2018) que encontraron un aumento en la CE pero en diferentes materiales.

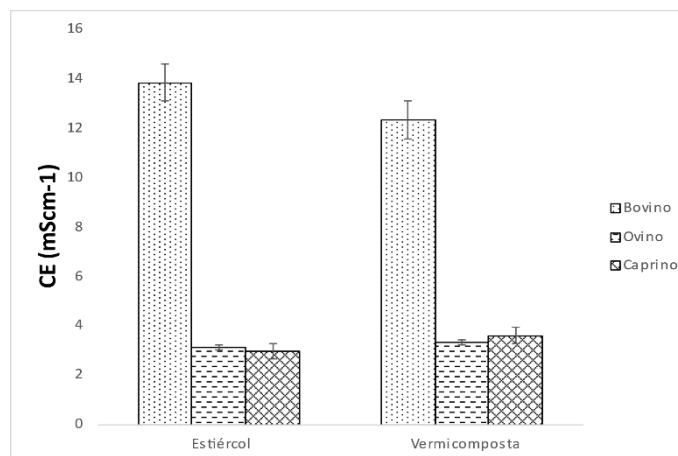


Figura 3. Cambio en CE durante el proceso de vermicompostaje.





El porcentaje de MO mostró un patrón similar en el estiércol y la vermicomposta (Figura 4), en el caso de estiércol se observaron valores de 22.4, 16.5 y 18.9 para las fuentes de bovino, ovino y caprino respectivamente, mientras que en vermicomposta los valores fueron de 22.8, 17.5 y 21.4 para las fuentes mencionadas. Sin embargo, se observó una tendencia hacia mayor incremento en los estiércoles de ovino y caprino, debido posiblemente a la naturaleza diferente de alimentación que realizan en el pastoreo, esto coincide con lo reportado por J. Barthod et al. (2020), donde las lombrices descomponen mejor la MO a través del efecto que ejercen sobre la biomasa microbiana, cambiando los parámetros fisicoquímicos del hábitad y mejorando la mineralización de la misma MO.

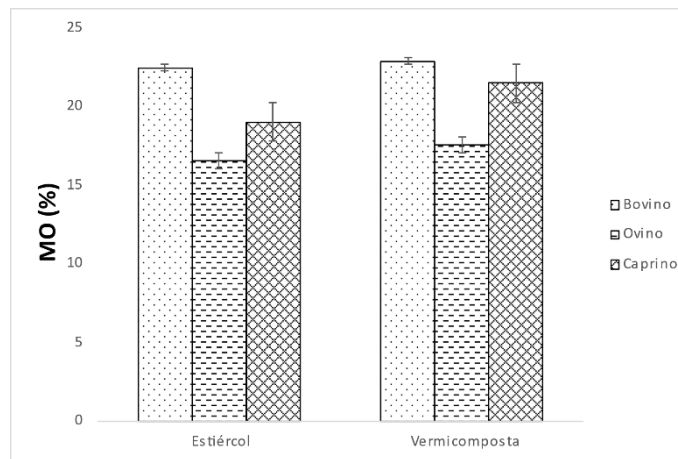


Figura 4. Cambio en la MO durante el proceso de vermicompostaje.

Los datos en Na no muestran una variación entre estiércol y vermicomposta (Figura 5), el resultado es similar al reportado por Wang et al. (2019) en un estudio realizado con arsenito de sodio ( $\text{NaAsO}_2$ ) donde *Eisenia foetida* mostró una respuesta evasiva a la exposición del compuesto, esto causado por una respuesta sensorial ante las concentraciones de sodio. A pesar de que pudieran lixiviarse las sales, posiblemente al reducir la materia inicial las concentraciones de sodio permanecen.

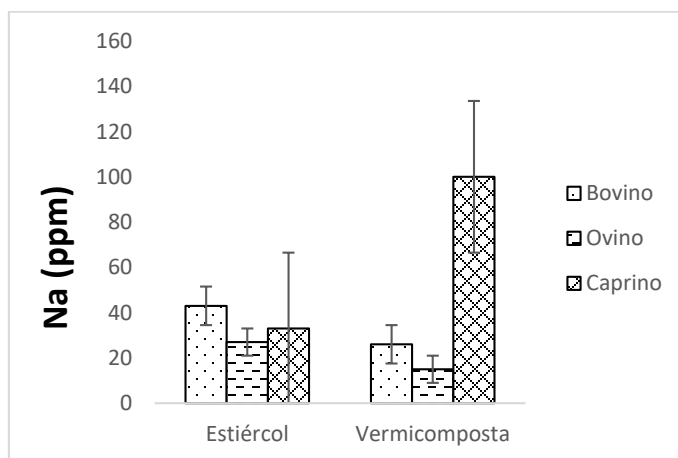


Figura 5. Cambio en Na durante el proceso de vermicompostaje.



## Conclusiones

El uso de estiércol fresco de bovino provocó mortandad total en *Eisenia foetida*, caso contrario para estiércol de caprino donde se contabilizó un mayor crecimiento de la población. Para pH se tuvo un valor más elevado en estiércol de bovino que en vermicomposta del mismo material, donde se registró un descenso de este parámetro, caso similar para CE donde descendió el nivel para la misma fuente. En MO hubo un aumento al pasar de estiércol a vermicomposta de ovino y caprino. En Na los valores se mantuvieron constantes sin registrar cambios. En conclusión, el proceso de vermicomposta muestra efectos positivos al transformar estiércol en una enmienda con mejores atributos en pH, CE, MO, manteniendo los niveles de Na, de esta forma se puede usar como fertilizante sin causar daños estructurales al suelo y aportando mejores condiciones a los cultivos.

## Referencias

- Association of Official Analytical Methods. (2007). 983.04 Sodium in fertilizers atomic absorption spectrophotometric method.
- Barthod, J., Dignac, M. F., Le Mer, G., Bottinelli, N., Watteau, F., Kögel-Knabner, I., & Rumpel, C. (2020). How do earthworms affect organic matter decomposition in the presence of clay-sized minerals? *Soil Biology and Biochemistry*. 143(107730). <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107730>.
- Fereshteh, Najjari., & Somayeh, Ghasemi. (2018). Changes in chemical properties of sawdust and blood powder mixture during vermicomposting and the effects on the growth and chemical composition of cucumber. *Scientia Horticulturae*. 232, pp 250-255. DOI.org/10.1016/j.scienta.2018.01.018.
- Ge, Mianshen., Shen, Yujun., Ding, Jingtao., Meng, Haibo., Zhou, Haibin., Zhou, Jun., Cheng, Hongsheng., Zhang, Xi., Wang, Jian., Wang, Huihui., Cheng, Qiongyi., Li, Ran., & Liu, Juan. (2022). New insight into the impact of moisture content and pH on dissolved organic matter and microbial dynamics during cattle manure composting. *Bioresource Technology*. 344(126236). DOI.org/10.1016/j.biortech.2021.126236
- Gong, Xin., Wang, Shuai., Wang, Shawnie., Jiang, Yuji., Hu, Zhengkun., Zheng, Yong., Chen, Xiaoyun., Li, Huixin., Hu, Feng., Liu, Manqiang., & Scheu, Stefan. (2019). Earthworms modify soil bacterial and fungal communities through enhancing aggregation and buffering pH. *Geoderma*. 347, pp. 59-69. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.03.043>.
- Hou, Qiong., Ni, Yuemin., Huang, Shan., Zuo, Ting., Wang, Jian., & Ni, Wuzhong. (2022). Effects of manure substitution for chemical fertilizers on rice yield and soil labile nitrogen in paddy fields of China: A meta-analysis. *Pedosphere*. Disponible en línea en: DOI.org/10.1016/j.pedsph.2022.09.003.
- Morales-Munguía, Julio César., Fernández-Ramírez, Ma. Virginia., Montiel-Cota, Agustín., & Peralta-Beltrán, Beatriz Catalina. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*. 9(1). pp 19-26. Consultado en línea el 2 de octubre de 2022 en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/download/49/45/102>
- Taylor, Richard P., Jones, Clifford L.W., Laing, Mark., & Dames, Joanna. (2018). The potential use of treated brewery effluent as a water and nutrient source in irrigated crop production. *Water Resources and Industry*. 19, pp. 47-60. DOI.org/10.1016/j.wri.2018.02.001.
- Walkley, A., & Black, A.I. (1934). An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the cromatic acid titration method. *Soil Science*. 37(1), 29-38. DOI:10.1097/00010694-193401000-00003
- Wang, Yali., Tang, Hao., Matthew, Cory., Qiu, Jiangping., & Li, Yinsheng. (2019). Sodium arsenite modified burrowing behavior of earthworm species *Metaphire californica* and *Eisenia fetida* in a farm soil. *Geoderma*. 335, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.015>.



## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y CALIDAD DE SEMILLA DE DOS BIZNAGAS DEL GÉNERO *Echinocactus* TRIBU Cacteeae (Fam.: Cactaceae)

E. Edith Villavicencio-Gutiérrez<sup>1\*</sup>, Martín Quintana-Camargo<sup>2</sup>, Alejandro Gómez-Veloz<sup>2</sup>, Francisco Sánchez-Barra<sup>3</sup>, Alexis R. Maldonado-Morales<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Saltillo. Saltillo, 25315, Coahuila de Zaragoza, México. <sup>2</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) INIFAP. Tepatitlán de Morelos, 47600, Jalisco, México. <sup>3</sup>Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 78377, San Luis Potosí, México. <sup>4</sup>Instituto de Ecología, A. C. 91073, Xalapa, Veracruz, México. \*Autor de correspondencia: villavicencio.edith@inifap.gob.mx

### Introducción

En el Banco de Germoplasma de Cactáceas (BGC) del INIFAP se realizan acciones de colecta selectiva, mantenimiento de colecciones y regeneración de aquellos recursos fitogenéticos que constituyen parte de la biodiversidad y que son usados con diferentes propósitos. Cuenta con especies y semillas que forman parte de la biodiversidad de las zonas áridas y semiáridas del país, como la biznaga barril de oro (*Echinocactus grusonii* Hildm) y biznaga burra o dulce (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto), mismas que pertenecen a la subfamilia Cactoideae y tribu Cacteeae (Tropicos, 2021). Las dos son endémicas de México y se encuentran protegidas en la categoría de peligro de extinción (P) dentro de la norma NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2019). A pesar de que en la década de los 80's. fueron publicados Manuales referentes a los procedimientos para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma (Rao et al., 2007) donde se establecieron los principios y prácticas para la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos (Gutiérrez et al., 2015), no existe una referencia en particular para las especies de cactáceas de la subfamilia Cactoideae que ayude al conocimiento de semillas ortodoxas de este tipo de especies. Considerando que la semilla es la unidad de reproducción sexual que puede multiplicarse y conservarse a corto o largo plazo para perpetuar de este modo la especie a la que pertenece, el objetivo de la presente investigación fue realizar una caracterización morfológica en base a la UPOV (2021) y evaluar los atributos de calidad física y fisiológica de la semilla de acuerdo a los lineamientos de regulación del ISTA (2019).

### Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP y en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) INIFAP.

**Material vegetal.** Se analizaron dos accesiones de semillas de frutos colectados de una población natural realizada en 2021 de la biznaga barril de oro *Echinocactus grusonii* Hildm del mpio. de Cadereyta, de Montes, Querétaro y la biznaga dulce, burra, o tonel grande (*Echinocactus platyacanthus*) Link & Otto del mpio. de Galeana, Nuevo León en el Desierto Chihuahuense (Figura 1).

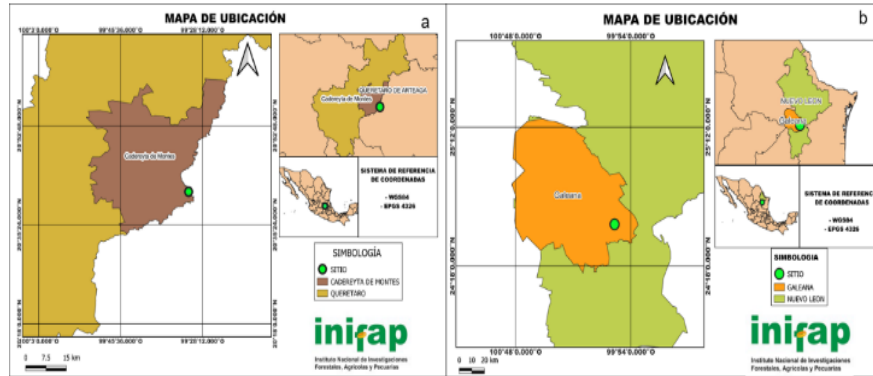


Figura 1. Área de distribución de accesiones de cactáceas. a). *Echinocactus grusonii* Hildm b). *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

### Caracterización morfológica

**a) Análisis Métrico.** Parámetro cuantitativo referente al largo (L, mm) y ancho (A, mm), medidos con un calibrador digital modelo No. 50001, 50002, 50003 y programa Dino capture versión 2.0, al 53.1 X.

**b) Forma y Textura.** Carácter cualitativo evaluado con un microscopio estereoscópico Marca Zeiss utilizando los glosarios de términos botánicos de Moreno (1984), evaluando 50 semillas al azar por accesión.

**c) Color de la semilla.** Carácter pseudocualitativo evaluado con el código de colores RHS (RHS, 2020) y las directrices de examen UPOV TC/54/22 (UPOV, 2021)

Para las pruebas a y c referentes a los parámetros cuantitativos y pseudocualitativos se consideraron 20 semillas con cinco repeticiones por accesión.

### Pruebas Físicas

**d) Análisis de pureza (SP).** Se expresó en porcentaje (%) y realizó con un soplador South Dakota, modelo CFY-II, con una abertura de 2 cm/1 minuto, separando los componentes: semilla pura (SP) y materia inerte (MI) (semilla vana, sin endospermo, inmaduras o sin formación de estructura embrionaria), de acuerdo al International Seed Testing Association (ISTA) (ISTA, 2019). La SP se utilizó para las pruebas de peso de mil semillas, viabilidad con tetrazolio y germinación.

**e) Peso de mil semillas (PMS).** Se determinó conforme al ISTA (ISTA, 2019) y realizó con una balanza analítica marca AND GR-300, expresando el dato en gramos (g).

**f) Peso volumétrico (PV).** Se realizó con el método del recipiente de volumen conocido, expresado en  $\text{Kg} \cdot \text{HL}^{-1}$  (Moreno, 1996).

**g) Contenido de humedad (CHS).** Se expresó en porcentaje (%) y realizó con una balanza analítica marca AND GR-300. El CHS se obtuvo en términos del peso del agua contenida en una semilla con respecto al peso total de la semilla antes del secado, de acuerdo con las reglas internacionales (ISTA, 2019).

Para las pruebas físicas se consideraron 25 semillas con cuatro repeticiones por accesión.



## Pruebas fisiológicas

**h) Viabilidad con tetrazolio.** Se evaluaron 30 semillas (unidad experimental) con tres repeticiones, se utilizó una solución de tetrazolio (1%) incubando la muestra por 24 horas a 30°C. Para el corte y evaluación se utilizó un microscopio estereoscópico.








**i) Germinación estándar.** La prueba se realizó utilizando la semilla del ensayo de rayos X, se consideraron 30 semillas de tres repeticiones por accesión. Esta prueba se hizo en una cámara de germinación a 25°C con 16 h luz y 8 h oscuridad, usando cajas Petri con algodón humedecido con agua estéril, evaluando las plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG) a los 28 días de después de la siembra (dds).

Los parámetros de la caracterización morfológica, pruebas físicas y fisiológicas se analizaron con el PROC GLM del SAS (SAS, 2019) y una comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## Resultados y discusión

**Caracterización morfológica.** El Cuadro 1 muestra resultados de tamaño, forma, textura y color. Las variables L, A y E registraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), mostrando que las semillas de *E. platyacanthus* son más grandes que las de *E. grusonii* en tamaño y grosor, características que coinciden con Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) y superan a las reportadas por Martínez-Gutiérrez et al., (2021). Ambas especies tienen la misma textura (UPOV, 2021) y forma ovada (Moreno, 1984), pero difieren en coloración en la testa, el cual es uniforme y va de acuerdo al código RHS (RHS, 2020). La semilla de *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lem.) K. Schum., *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo y *Mammillaria longimamma* DC. también son pequeñas y su condición que está fuertemente influenciada con su filogenia y con su adaptación al ecosistema desértico (Rojas-Aréchiga & Batis, 2013), condición que se pierde en otras especies vegetales que tienden a tener mayor masa en sus semillas (Barrios et al., 2020).

Cuadro 1. Características morfológicas en semilla ortodoxa de cactáceas; biznaga barril de oro (*Echinocactus grusonii* Hildm) y biznaga dulce o biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.)

ID	Especie	Tamaño (mm)			Textura	Forma	Color	Imagen
		L	A	E				
1	<i>Echinocactus grusonii</i> Hildm	1.51 a	1.13 a	0.71 a			 RHS 187A Marrón Oscuro	
		1.74	1.29	0.78				
2	<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto.	2.48 a	1.57 a	1.13 a	Reticulada	Ovada	 RHS 187A Marrón Oscuro	
		2.81	1.96	1.24			 RHS 203C Negro	

L= Largo; A= Ancho; E= Espesor



## Pruebas Físicas

**Análisis de pureza (SP).** En SP no existieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre especies, siendo superior a 90 %, identificando como materia inerte los restos de semilla fraccionada. El llenado de semilla de *E. grusonii* y *E. platyacanthus* depende de la condición semiárida de donde proviene el germoplasma (Cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas físicas y fisiológica en semillas ortodoxas de cactáceas; biznaga barril de oro (*Echinocactus grusonii* Hildm) y biznaga dulce o biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.)

Pruebas Físicas	a	b
Semilla pura (SP) (%)	99.7	100
Peso de mil semillas (PMS) (g)	0.8062	2.6522
Peso volumétrico (PV) (Kg HL <sup>-1</sup> )	58.97	66.5
Contenido de humedad (CHS) (%)	5	5
Pruebas Fisiológicas		
Viabilidad	34.21	22.72

a). *Echinocactus grusonii* Hildm b). *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto

**Peso de mil semillas (PMS).** En ambas accesiones, el peso representa el lote evaluado considerando la semilla pura como lo refiere el ISTA (ISTA, 2019). EL análisis estadístico muestra diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), las semillas de *E. platyacanthus* tienen mayor PMS y triplican en peso a las semillas de *E. grusonii*, factor que está relacionado con su tamaño y grosor (Cuadro 2). Los resultados del PMS confirman los resultados del análisis métrico, donde la diferencia de llenado de las semillas de dichas especies depende de las dimensiones morfológicas que presentan; es decir a mayor tamaño de semilla, sobre todo en largo y espesor, mayor peso de semilla (Serrano *et al.*, 2000), debido tal vez a la acumulación de nutrientes. Los resultados de PMS se pueden utilizar para calcular la densidad de siembra cuando se requiera propagar el material de forma intensiva, o bien calcular el número de semillas que pueden incluirse en el contenedor o recipiente para realizar la conservación y almacenamiento a corto o largo plazo.

**Peso volumétrico (PV).** Esta prueba es un indicador de la calidad que influye en el vigor de las plántulas como lo refiere el ISTA (ISTA, 2019); sin embargo, no existe información sobre esta variable en las especies de cactáceas evaluadas. Existieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre especies, *E. platyacanthus* registró mayor PV (66.5 kg HL<sup>-1</sup>) que *E. grusonii* (Cuadro 2). Esta variación en PV puede ser debido al contenido de humedad y peso de las semillas de cada especie, ambos aspectos relacionados con la alta o baja cantidad de agua en la semilla, lo que afecta el valor del peso y espacio que ocupa la semilla en un volumen determinado (Moreno, 1996).



**Contenido de humedad (CHS).** Se refiere a la relación entre la masa del agua contenida en la semilla con respecto a la masa de materia seca. No se muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre especies, el CHS fue estadísticamente igual (CHS= 5 %) (Cuadro 2). El ISTA (ISTA, 2019) refiere que un mayor CHS puede generar alteraciones de la materia prima deteriorando las semillas, causando hasta la muerte del embrión. El CHS registrado en ambas especies de permite el almacenamiento de semilla a corto y largo plazo, debido a que la semilla contiene una hidrólisis de reservas (almidón, lípidos y proteínas) que le permiten activar sus enzimas y promover el crecimiento de embrión cuando sea necesario. Así mismo, es una prueba indirecta que es confiable y rápida para evaluar la calidad de las semillas de accesiones de cactáceas.

## Pruebas fisiológicas

**Viabilidad con tetrazolio.** La concentración de tetrazolio, temperatura y tiempo de tinción de la prueba fueron satisfactorios porque permitieron la tinción de los tejidos de la semilla indicando que ambas especies tienen viabilidad, actividad metabólica del embrión y por consecuencia un poder germinativo. Las semillas de *E. grusonii* registraron mayor viabilidad 34 % ( $p \leq 0.05$ ) que *E. platyacanthus* (22.72 %) (Cuadro 2). La viabilidad refleja la acumulación de nutrientes en la semilla, detectado en su peso, el cual varía dependiendo el tamaño, e indica que en algunas especies su poder germinativo puede estar detenido por algún factor interno o externo causando un estado de latencia o dormancia en la semilla (Barrios, 2020; Doria, 2010). Para el caso de *E. grusonii* la viabilidad registrada es un indicador de su capacidad germinativa, la cual pudo verse afectada por la morfología y tamaño de las semillas e influenciada por factores ambientales (precipitación, temperatura, radiación solar y disponibilidad de agua), que incidieron en el proceso de producción de flores, frutos y semillas en la planta madre, mismos que determinaron la calidad fisiológica de semillas (Elizalde et al., 2017). En ambas especies, la dormancia puede ser una ventaja en condiciones naturales, donde las semillas durmientes pueden permanecer viables en el suelo y germinar cuando existan condiciones de luz, humedad y temperatura que lo permitan, como lo refieren Godínez-Serrano *et al.*, (2021), Rojas-Aréchiga y Mandujano-Sánchez, (2017) y Sánchez-Soto et al., (2010). En condiciones de una producción intensiva la dormancia puede ser una desventaja, ya que puede aumentar la cantidad de semilla requerida en la densidad de siembra, por lo que es recomendable en ambas especies evaluar tratamientos ya sea físicos, químicos y/o hormonales para romper la dormancia e incrementar el porcentaje de germinación principalmente en *E. grusonii*.

**Germinación estándar.** A los 28 dds existieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre especies en los parámetros de PN, PA y SSG. *E. grusonii* registró menor proporción de PN (78 %) que *E. platyacanthus*, con una mayor proporción de PA (10 %) y con SSG. La cantidad de PA refleja la velocidad de emisión de la radícula y puede considerarse un estimador del vigor de la semilla, también este resultado corrobora cierta latencia de la especie de acuerdo al valor de viabilidad obtenido; sin embargo, al integrar los valores de PN y PA el poder germinativo (GP) alcanzó un 88%.



En *E. platyacanthus* la proporción de PN fue de 83 % con menor proporción de PA (2 %) sin SSG, registrando un GP de 85 %, resultado que supera al reportado por Godínez-Serrano *et al.*, (2021) (Figura 1). Los resultados de esta prueba en condiciones óptimas mostraron la calidad fisiológica de la semilla de acuerdo a los lineamientos de regulación del ISTA (2019). La caracterización morfológica, así como las pruebas físicas y fisiológicas realizadas a la semilla ortodoxa de las biznagas barril de oro (*E. grusonii*) y biznaga dulce o biznaga burra (*E. platyacanthus*) constituyen la base para conservar *ex situ* de este germoplasma, permiten definir la aptitud de la semilla para su propagación, así como determinar estrategias para su almacenamiento a corto o largo plazo. Aunque las reglas del ISTA (2019) han sido diseñadas para cultivos agrícolas, han sido útiles para caracterizar la calidad de semillas de estas cactáceas.

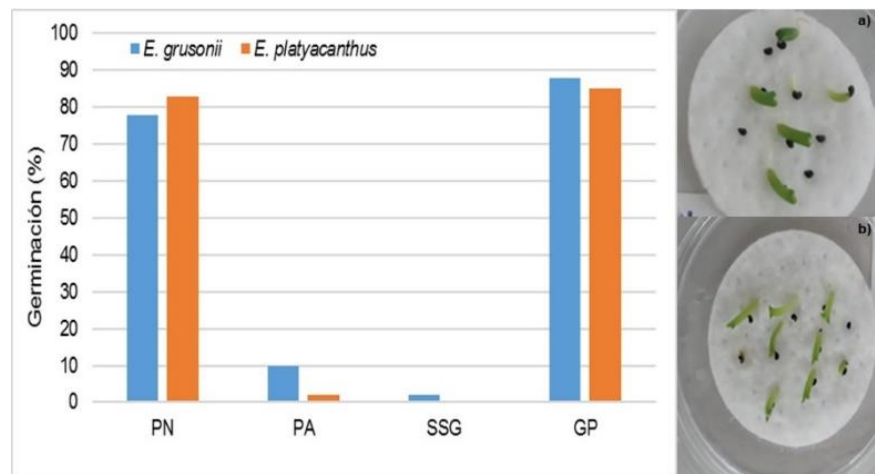


Figura 2. Germinación de la biznaga barril de oro (*Echinocactus grusonii* Hildm) y biznaga dulce o biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.); Plántulas Normales (PN); Plántulas anormales (PA); Semillas sin Germinar (SSG).

## Conclusiones

La semilla es un producto biológico vivo y su comportamiento puede ser predicho con certeza cuando existen pruebas que lo diferencian de material no biológico o inerte. Se realizaron 10 pruebas para evaluar el germoplasma de semillas ortodoxas de cactáceas que permitieron caracterizar la forma, color y tamaño de semillas. Las pruebas físicas mostraron que a mayor tamaño mayor peso de mil semillas y menor peso volumétrico. Las fisiológicas muestran que existe latencia en *E. grusonii*.





## Referencias

- Barrios D., J. Sánchez A., J. Flores, E. Jurado. (2020). Características de las semillas y germinación en la familia Cactaceae: una revisión en las Américas. No. 3 (18): 417-440. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2501> [Consulta agosto, 2021].
- Godínez-Serrano G., J. Martínez, M.L. Arreguín-Sánchez, F. García-Ochoa. (2021). Germinación y crecimiento de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Cactaceae). Polibotánica (52): 117-133 <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.9> [Consulta mayo, 2022].
- Gutiérrez C., B., R. Ipinza C., S. Barros A. (2015). Conservación de recursos genéticos forestales Principios y Practicas. Instituto Forestal. INFO. Ministerio de Agricultura de Chile. Santiago de Chile, 320p. [Consulta septiembre, 2021].
- International Seed Testing Association (ISTA). 2019. International Rules for Seed Testing. Rules. ([http://www.seedtest.org/en/international-rules\\_content---1--1083.html](http://www.seedtest.org/en/international-rules_content---1--1083.html)). [Consulta octubre, 2019].
- Martínez-Gutiérrez R.I., V.M. Villanueva-Coronado, M.E. Vázquez-Badillo, A. Antonio-Bautista (2021). Caracterización morfométrica en semillas de *Echinocactus platyacanthus* link & otto (biznaga dulce o biznaga burra). Memoria REBIZA. Pp 116
- Rao, N. K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. (2007). Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Bioversity International. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). ISBN 978-92-9043-757-4. Roma, Italia 182 p.
- Rojas-Aréchiga, M., y M.C. Mandujano-Sánchez. (2017). Latencia secundaria en especies de la tribu Cactaeae (Cactaceae). Polibotánica (44): 137-146. DOI: 10.18387/polibotanica.44.10 [Consulta marzo, 2022].
- Sánchez-Soto, B., Á Reyes-Olivas, E. García-Moya, T. Terrazas. (2010). Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. Interciencia, 35(4):299-305. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913156010.pdf> [Consulta junio, 2021].



## EFICIENCIA HIDRÁULICA Y VULNERABILIDAD HÍDRICA EN EL XILEMA DE *Quercus canbyi* TREL

Vicenta Constante-García\*<sup>1</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>1</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Alberto Urrieta-Velázquez, Artemio Carrillo-Parra

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango. <sup>2</sup>Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Boulevard del Guadiana 501, Ciudad Universitaria. \*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

### Introducción

Las áreas boscosas con presencia de encinos han estado sujetas a un incremento en la temperatura a partir de mediados del siglo XIX hasta la mitad del siglo XX (IPCC, 2018; Allen et al., 2021), lo que ha provocado mortalidad masiva de arbolado en muchas partes del mundo (Thomas et al., 2002; Clinton et al., 1993; Chen et al., 2017; Wan et al., 2018; Ogaya et al., 2020), incluyendo el territorio mexicano (Tainter et al., 2000; Vázquez-Silva et al., 2004; Alvarado-Rosales et al., 2008; Moreno-Rico et al., 2010). Estudios de mortalidad de arbolado y su relación con sequías, se han realizado en diversas partes del mundo, muchos de ellos se enfocan a determinar y a entender la conductancia hidráulica y la formación de embolias (Rockwell et al., 2014).

No obstante, en México este tipo de estudios son prácticamente inexistentes (Anderegg et al., 2016). Esto se vuelve relevante, dado que es probable que la capacidad de transporte de agua y la sensibilidad a la embolia determinen la distribución global de las especies de árboles (Blackman et al., 2012, 2014; Poorter et al., 2010), dado que estas variables constituyen una de las causas principales de mortalidad de árboles en condiciones de sequía (Brodrigg & Cochard, 2009; Anderegg et al., 2016). Los índices de vulnerabilidad y mesomorfía propuestos por Carlquist, (1977), han constituido la base de interpretación de la ecoanatomía xilemática en las últimas décadas, lo que ha permitido la integración de una base de datos sobre la seguridad hidráulica de las especies vegetales en diferentes ecosistemas (Leon, 2019). Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el índice de vulnerabilidad e índice de mesomorfía para *Q. canbyi*, especie perteneciente a un género afectado por sequías recurrentes a nivel mundial.

### Materiales y métodos

Se utilizó un muestreo selectivo que consistió en elegir 3 árboles sin daño aparente y tallos uniformes. Sobre los mismos se extrajeron secciones de madera de la especie *Q. canbyi* obtenidas a una altura de 1.30 m del suelo sobre el fuste principal de los árboles, el muestreo se llevó a cabo en el centro-sureste del estado de Nuevo León, específicamente en las coordenadas 24°42'27"N y 99°51'42"W.



El sitio se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, subprovincia Gran Sierra Plegada; la geología del sitio está compuesta por una serie de capas de roca sedimentaria surgida del lecho marino durante el cretácico superior (INEGI., 1986). El área de trabajo se encuentra dentro de un tipo de vegetación denominado Bosque Mixto de *Quercus* y *Pinus* (Salinas-Rodríguez et al., 2013).

Los cortes anatómicos se realizaron a partir de cubos con dimensiones de 2.0 x 2.0 cm (De la Paz-Pérez y Dávalos-Sotelo, 2008; Franke & Quenneville, 2011; Pacheco et al., 2016). Una vez hecho el corte anatómico se procedió a realizar un manchado o tinción utilizando los tintes Safranina y Astar Blue. Posteriormente, se realizó el proceso de deshidratación, montado y secado de los cortes (Gärtner & Schweingruber, 2013). La observación de los elementos anatómicos se realizó utilizando un microscopio de marca LABOMED. El nivel de aumento requerido varió según el elemento leñoso a medir. Se tomaron 40 mediciones de cada elemento anatómico (Longitud de vasos, diámetro y número de vasos por mm<sup>2</sup>) por cada uno de los tres árboles (Leon, 2019). La medición de los rasgos anatómicos se llevó a cabo utilizando el programa ImageJ (<http://imagej.nih.gov>). La descripción y categorización de los rasgos anatómicos se fundamentaron con base a los criterios definidos por el IAWA (IAWA, 1989).

Posteriormente se calcularon los siguientes índices (Ecuación 1 y 2) descritos por Carlquist (1977):

#### Índice de Vulnerabilidad (IV)

$$IV = dv/nv \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

dv = promedio de diámetro de vaso ( $\mu$ );

nv = promedio de número de vasos/mm<sup>2</sup>.

Valores de IV < a 1 se interpretan como con resistencia a sequía.

#### Índice de Mesomorfía (IM)

$$IM = IV * lev \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

IV = índice de vulnerabilidad;

lev = promedio de longitud de elementos vasculares (micrómetros).

Valores de IM > a 200 indican que el xilema es mesomórfico



## Resultados y discusión

Los componentes anatómicos de la especie de *Q. canbyi* se caracterizaron por la presencia de 12 vasos por  $\text{mm}^2$ , con un diámetro promedio de vasos con valores de  $158.9 \pm 74.86$  ( $\mu\text{m}$ ) y una longitud de elementos vasculares de  $224 \pm 97.33$  ( $\mu\text{m}$ ). Los datos anteriores generaron un índice de vulnerabilidad de Carlquist de 13.16 e índice de mesomorfía de 2949.95.

De acuerdo con Zhang et al. (1992), la frecuencia de vasos se incrementa a medida que disminuye la disponibilidad de humedad. De esta manera, Lindorf (1994) indicó que para un bosque tropical, el número de poros encontrados en esta investigación varió de 24 a 206 por  $\text{mm}^2$ . Al respecto, Araque y Gámez (2004) para un bosque húmedo-premontano, encontraron entre 9 a 14 poros por  $\text{mm}^2$ , mientras que para un bosque de *Quercus* se reportaron valores de 17 a 32 vasos por  $\text{mm}^2$  (Wilkins & Papassotiropoulos, 1989), estos últimos similares a los encontrados para *Q. canbyi* (15 a 20 vasos por  $\text{mm}^2$ ) ubicados en una categoría de baja densidad (IAWA, 1989). Por otra parte, es sabido que entre más largos y anchos sean los ductos, menor será su resistencia al flujo de agua (Tyree & Zimmermann, 2002) y en consecuencia la conductividad será mayor; esto implica que en eventos climáticos que representen una mayor demanda hídrica en la parte aérea y poca disponibilidad de agua en el suelo, los ductos de mayor tamaño serán más susceptibles a cavitación (Hacke & Sperry, 2001; Cochard, 2006).

Los resultados obtenidos del xilema de *Q. canbyi* señalaron la presencia de diámetros de vasos medianos, que se ubican en el rango 100-200  $\mu\text{m}$  (IAWA, 1989); así mismo, el largo de los vasos se catalogó como cortos, por ser menores a 350  $\mu\text{m}$  (IAWA, 1989). La relación entre el diámetro de los vasos y la densidad (IV) del encino presenta un valor mayor a la unidad; por otra parte, el IM producto entre el IV y el largo de los vasos fue mayor a 200. Así, ambos valores describen a un xilema de tipo mesomórfico (Carlquist, 1977). Es decir, el xilema de *Q. canbyi* tiende a desarrollar un sistema de conducción que se considera como eficiente en el movimiento de líquidos, condición que la vuelve vulnerable a cavitación ante eventos de estrés hídrico.

## Conclusión

La especie de *Q. canbyi* es una especie susceptible a cavitación ante eventos de estrés hídrico. Con base en estos resultados, la especie se debe considerar para fines de protección y de conservación, al contemplar incrementos en temperatura y disminución de precipitación, ya que estas situaciones pueden llevar a la especie a sufrir problemas de cavitación y mortalidad en sus poblaciones.

## Agradecimientos y fuente financiera

Los resultados son parte del proyecto fiscal No. 856534886 "Estudios dendrocronológicos de poblaciones de encino (*Quercus spp*) en el norte de México para reconstrucción de clima, biomasa y captura de carbono".



## Referencias

- Allen, S. K., Barros, V., Burton, I., Campbell-Lendrum, D., Cardona, O.-D., Cutter, S. L., Dube, O. P., Ebi, K. L., Field, C. B., Handmer, J. W., Lal, P. N., Lavell, A., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., McBean, G. A., Mechler, R., Mitchell, T., Nicholls, N., O'Brien, K. L., ... Wilbanks, T. J. (2021). Summary for Policymakers. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe (Eds.), In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, (Vol. 9781107025, pp. 3–22). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/97811009157896.001>
- Alvarado-Rosales, D., Saavedra-Romero, L. de, & Almaraz-Sanchez, A. (2008). First report of *Phytophthora cinnamomi* Rands. associated with oak (*Quercus* spp.) in Tecoaapa, Guerrero, Mexico. *Agrociencia*, 42(5), 565–572.
- Anderegg, W. R. L., Klein, T., Bartlett, M., Sack, L., Pellegrini, A. F. A., Choat, B., & Jansen, S. (2016). Meta-analysis reveals that hydraulic traits explain cross-species patterns of drought-induced tree mortality across the globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(18), 5024–5029. <https://doi.org/10.1073/pnas.1525678113>
- Blackman, C. J., Brodribb, T. J., & Jordan, G. J. (2012). Leaf hydraulic vulnerability influences species' bioclimatic limits in a diverse group of woody angiosperms. *Oecologia*, 168(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2064-3>
- Blackman, C. J., Gleason, S. M., Chang, Y., Cook, A. M., Laws, C., & Westoby, M. (2014). Leaf hydraulic vulnerability to drought is linked to site water availability across a broad range of species and climates. *Annals of Botany*, 114(3), 435–440. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu131>
- Brodribb, T. J., & Cochard, H. (2009). Hydraulic failure defines the recovery and point of death in water-stressed conifers. *Plant Physiology*, 149(1), 575–584. <https://doi.org/10.1104/pp.108.129783>
- Carlquist, S. (1977). Ecological Factors in Wood Evolution: a Floristic Approach. *American Journal of Botany*, 64(7), 887–896. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1977.tb11932.x>
- Chen, L., Huang, J. G., Stadt, K. J., Comeau, P. G., Zhai, L., Dawson, A., & Alam, S. A. (2017). Drought explains variation in the radial growth of white spruce in western Canada. *Agricultural and Forest Meteorology*, 233, 133–142. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.11.012>
- Clinton, B. D., Boring, L. R., & Swank, W. T. (1993). Canopy Gap Characteristics and Drought Influences in Oak Forests of the Coweeta Basin. *Ecology*, 74(5), 1551–1558. <https://doi.org/10.2307/1940082>
- Cochard, H. (2006). Cavitation in trees. *Comptes Rendus Physique*, 7(9–10), 1018–1026. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2006.10.012>
- De la Paz-Pérez, O. C., & Dávalos-Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Madera y Bosques*, 14(3), 43–80. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1431206>
- Franke, B., & Quenneville, P. (2011). Numerical Modeling of the Failure Behavior of Dowel Connections in Wood. *Journal of Engineering Mechanics*, 137(3), 186–195. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0000217](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000217)
- Gärtner, H., & Schweingruber, F. (2013). Microscopic Preparation Techniques for Plant Stem Analysis. In *IAWA Journal* (Vol. 34, Issue 4.). [https://www.researchgate.net/publication/253341899\\_Microscopic\\_Preparation\\_Techniques\\_for\\_Plant\\_Stem\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/253341899_Microscopic_Preparation_Techniques_for_Plant_Stem_Analysis)
- Hacke, U. G., & Sperry, J. S. (2001). Functional and ecological xylem anatomy. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 4(2), 97–115. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00017>
- IAWA. (1989). IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. International Association of Wood Anatomists (IAWA). *IAWA Bull.*, 10(3), 219–332. <https://www.iawa->



website.org/uploads/soft/Abstracts/IAWA list of microscopic features for hardwood identification.pdf

- INEGI. (1986). Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. <http://w2.siap.sagarpa.gob.mx/mapoteca/mapas/1728-OYB-7212-A.jpg>
- Leon, W. (2019). Ecoanatomía xilemática de 24 especies de malvaceae en venezuela. 29(2), 41–71.
- Lindorf, H. (1994). Eco-Anatomical Wood Features of Species From a Very Dry Tropical Forest. *IAWA Journal*, 15(4), 361–376.
- Moreno-Rico, O., Velásquez-Valle, R., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M. E., Cerda-Lemus, M. de La, & Díaz-Moreno, R. (2010). Diagnóstico fitopatológico de las principales enfermedades en diversas especies de encinos y su distribución en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. *Polibotánica*, 0(29), 165–189.
- Ogaya, R., Liu, D., Barbeta, A., & Peñuelas, J. (2020). Stem Mortality and Forest Dieback in a 20-Years Experimental Drought in a Mediterranean Holm Oak Forest. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00089>
- Pacheco, A., Camarero, J. J., & Carrer, M. (2016). Linking wood anatomy and xylogenesis allows pinpointing of climate and drought influences on growth of coexisting conifers in continental Mediterranean climate. *Tree Physiology*, 36(4), 502–512. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv125>
- Poorter, L., McDonald, I., Alarcón, A., Fichtler, E., Licona, J. C., Peña-Claros, M., Sterck, F., Villegas, Z., & Sass-Klaassen, U. (2010). The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. *New Phytologist*, 185(2), 481–492. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03092.x>
- Rockwell, F. E., Wheeler, J. K., & Holbrook, N. M. (2014). Cavitation and Its Discontents: Opportunities for Resolving Current Controversies. *Plant Physiology*, 164(4), 1649–1660. <https://doi.org/10.1104/pp.113.233817>
- Salinas-Rodríguez, M. M., Estrada-castillón, E., & Villareal Quintanilla, J. Á. (2013). Flora And Phytogeography of The Cañon de Iturbide, Nuevo Leon, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 7(2), 803–819.
- Tainter, F. H., O'Brien, J. G., Hernández, A., Orozco, F., & Rebolledo, O. (2000). *Phytophthora cinnamomi* as a cause of oak mortality in the state of Colima, Mexico. *Plant Disease*, 84(4), 394–398. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.394>
- Thomas, F. M., Blank, R., & Hartmann, G. (2002). Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, 32(4–5), 277–307. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2002.00291.x>
- Tyree, M. T., & Zimmermann, M. H. (2002). *Tyree y Zimmermann 2002 Xylem Structure and the Ascent of Sap* (2nd edn).
- Vázquez-Silva, L., Tamarit-Urias, J. C., & Quintanar-Olguín, J. (2004). Caracterización de la declinación de bosques de encinos en “Sierra de Lobos”, Mexico. *Polibotánica*, 17, 1–14.
- Wan, J. Z., Wang, C. J., Qu, H., Liu, R., & Zhang, Z. X. (2018). Vulnerability of forest vegetation to anthropogenic climate change in China. *Science of the Total Environment*, 621, 1633–1641. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.065>
- Wilkins, A. P., & Papassotiropoulos, S. (1989). Wood anatomical variation of *Acacia melanoxylon* in relation to latitude. *IAWA Bull. n.S.*, 10(2), 201–207.
- Zhang, S.-Y., Baas, P., & Zandee, M. (1992). Wood Structure of the Rosaceae in Relation to Ecology, Habit and Phenology. *IAWA Journal*, 13(3), 307–349. <https://doi.org/10.1163/22941932-90001284>



## VULNERABILIDAD ANTE EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL *Agave durangensis*

Luis Jiménez-García<sup>1\*</sup>, Yuliana Grisel García -Martínez<sup>2</sup>, Claudia Ballesteros-Barrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa Departamento De Biología, Departamento de Biología, Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Iztapalapa 09340, México, D.F. <sup>2</sup>Instituto de Ecología A.C. INECOL. Carretera antigua a Coatepec No. 351, El Haya, C.P. 91073, Xalapa, Veracruz, México. Autor de correspondencia: luponero1112@hotmail.com

### Introducción

Dentro de la familia Asparagaceae el género *Agave* es el más diverso, agrupa a 206 especies, 159 están presentes en México de las cuales 119 son endémicas, lo que hace a México el centro de mayor riqueza y diversidad (García-Mendoza, 2011), además de que este género está arraigada a la cultura mexicana (López-Romero et al., 2018; Nava-Cruza et al., 2015). Actualmente, para México, el *Agave* sigue siendo un recurso importante tanto cultural como socio-económico debido a sus diversas aplicaciones como: el uso en la alimentación por lo cual se han cosechado sus flores, frutos, tallos y pedúnculos de las inflorescencias (Trejo et al., 2018), medicinales que se usa y se usaba en varios tratamientos tradicionales (Sahnoun et al., 2018, 2019) y también como bebida alcohólica. Dentro de estos cultivos con importancia se encuentra el *Agave durangensis* que actualmente se ha considerado dentro de denominación de origen en México como mezcal de Durango (IMPI, 2013), ya que su distribución geográfica se concentra en los municipios de Durango, Nombre de Dios, El Mezquital y Súchil en Durango y una sección muy restringida en el estado de Zacatecas lo cual indica que es una especie endémica de México (Medina Imelda et al., 2013). Por lo cual se encuentra dentro de la norma NOM-070-SCFI-1994 la cual certifica la producción del mezcal en los estados comprendidos en la denominación, por el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM, 2022), el cual vigila el cumplimiento de dicha norma. Sin embargo, recientemente ha llamado la atención las alteraciones en los sistemas agrícolas a causa de los impactos del cambio climático, (Borrego & Hernández, 2014; Parry et al., 2005; Rosenzweig & Parry, 1994) como los incrementos de sequía por los aumentos de las temperaturas diurnas y nocturnas, Trenberth et al., 2013), que, aunque estos cultivos son tolerantes a altas temperaturas, se ha observado la presencia de síntomas de estrés en hojas, en respuesta a dichos impactos, se observa pérdida de rendimiento y de productividad en dichos cultivos tradicionales, así como disminución de los sitios ambientalmente idóneos, entre otros factores (Pimienta. B & Ramírez, 2001). Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las regiones con tendencia ambientalmente idónea para la distribución potencial de *Agave durangensis*, bajo los escenarios RPC 4.5 y RPC 8.5 de presente a futuro (2050).



## Materiales y Métodos

**Área de estudio.** Se consideró en el área de estudio la distribución de origen en base a sus datos de presencia de esta especie (Figura 1). Dicha especie se distribuye en parte de la Sierra Madre Occidental, principalmente en Durango y Zacatecas (Gentry, 1982).

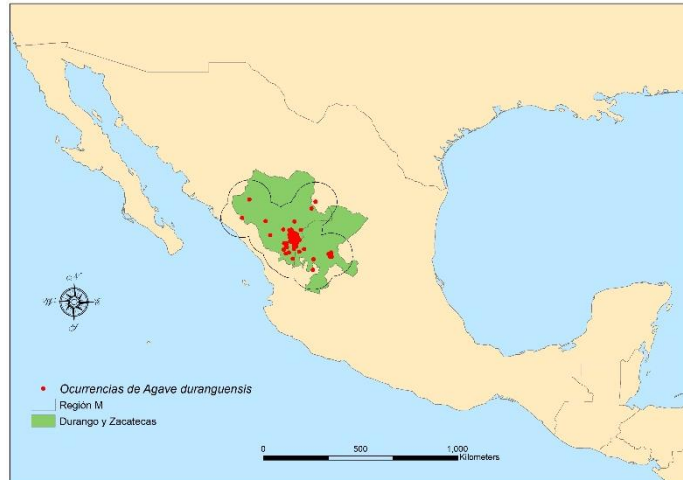


Figura 1. Área de estudio de *Agave durangensis*: Durango y Zacatecas, datos de presencia (puntos azul oscuro) buffer 100 km (región M, región accesible para la especie).

**Obtención datos de ocurrencia y variables bioclimáticas.** Los datos de ocurrencia de agave, se obtuvieron a través de diferentes vías: 1) a través del portal Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2019) y del portal el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB, 2022); 2) a través de búsquedas en literatura científica, 3) del portal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2022). Se realizó una limpieza de los datos eliminando los datos duplicados y registros con georreferenciación inconsistente (coordenadas fuera de los límites del país (Chapman, 2005). Los puntos fueron verificados en "(Google Earth, 2015)"; a fin de reducir dentro de las ocurrencias los sesgos de clasificación espacial para la calibración de los modelos (Owens et al., 2013). La autocorrelación espacial se redujo empleando una distancia de 5 km por medio de la herramienta SDMTool dentro de ArcGIS 10.5 (Brown, 2014). Los datos ambientales del presente fueron obtenidos de WorldClim v 1.4 de las décadas de 1970 al 2000; a una resolución espacial aproximada de ~5 Km (2.5 min) y los datos de futuro de Climate Change, Agriculture and Food Security de las siglas CCAFS: CGIAR, 2014. Se emplearon 15 variables bioclimáticas para construcción de Análisis de Componentes Principales (PCA), se excluyeron las variables: Bio 8 (Temperatura promedio de cuatrimestre más lluvioso), Bio 9 (Temperatura promedio de cuatrimestre más seco), Bio 18 (Precipitación de cuatrimestre más seco) y Bio 19 (Precipitación de cuatrimestre más frío) por representar un artefacto espacial (Escobar et al., 2014), posteriormente se utilizaron los 3 primeros PCA ya que guardan la mayor información.





Se analizaron dos escenarios futuros, el primero con un impacto intermedio y el segundo más extremo (RPC45), para el 2050; se emplearán 4 GCM, siguiendo la metodología que destaca (Villers-Ruiz & Trejo-Vazquez, 1998), quienes utilizaron Modelos GCM para México, destacando el modelo Canadian Climate Centre Model (CCCM) y el modelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL-R30). Se hizo uso del programa Niche A para el análisis del espacio ambiental, el cual utiliza distancias de Mahalanobis, quien analiza la similitud de ambientes de presente y el futuro (Qiao et al., 2016). Posteriormente los modelos de nicho de presente y futuro fueron llevados al espacio geográfico y binarizados empleando el umbral de omisión del 5%. Todos los mapas fueron procesados en el programa ArcGIS 10.5 (Brown, 2014).

## Resultados y Discusión

Se obtuvieron un total de 270 registros de presencia de *Agave durangensis*, al realizar limpieza de duplicados y posteriormente se realizó un filtro de 5 km entre cada punto para no tener sobreajuste de datos por lo que se obtuvo un total 57 puntos de presencia del *Agave durangensis* (Figura 1).

En la siguiente figura (Figura 2) se observan aquellos sitios en donde coinciden los modelos con tendencia a la idoneidad ambiental en presente y los escenarios futuros (2050) RCP 4.5 y 8.5, considerando los 4 modelos de circulación general al futuro 2050.

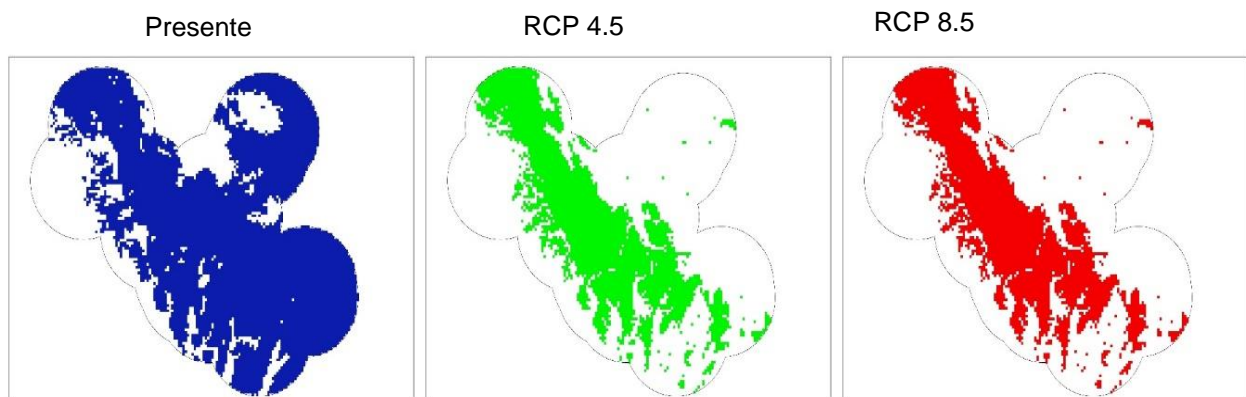


Figura 2. Binarización de los modelos. Color amarillo situación presente con buffer (línea negra que representa la región accesible para la especie), situación futura 2050 bajo el RCP 4.5 representada de color verde y situación futura RCP 8.5 representada de color rojo. En donde se representan en la geografía el área en donde coinciden la tendencia con idoneidad ambiental de *Agave durangensis* de los 4 GCM.



En el modelo de presente la tendencia ambiental idónea se observa en las regiones Sierra Madre Occidental, en Durango y Zacatecas, este espacio ambiental también es encontrado en estados cercanos como Aguascalientes, San Luis Potosí y a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico Transversal, Sierra Madre Oriental y en la parte norte del Mezquital de Tamaulipas. Aunque en el presente las condiciones ambientales han permitido la permanencia de este cultivo ya que cuenta con una área idónea de 159420.5 km<sup>2</sup>, sin embargo, la tendencia al futuro no es muy alentadora ya que para ambos escenarios futuros (RCP 4.5 RCP 8.5 para 2050) se observa una tendencia a la disminución ambiental mínima de 22% (35940 km<sup>2</sup>) y máxima del 54% (87124.4 km<sup>2</sup>) en las regiones de Zacatecas y Durango, lo que puede ocasionar problemas en la producción y rendimiento de esta especie (Figura 3).

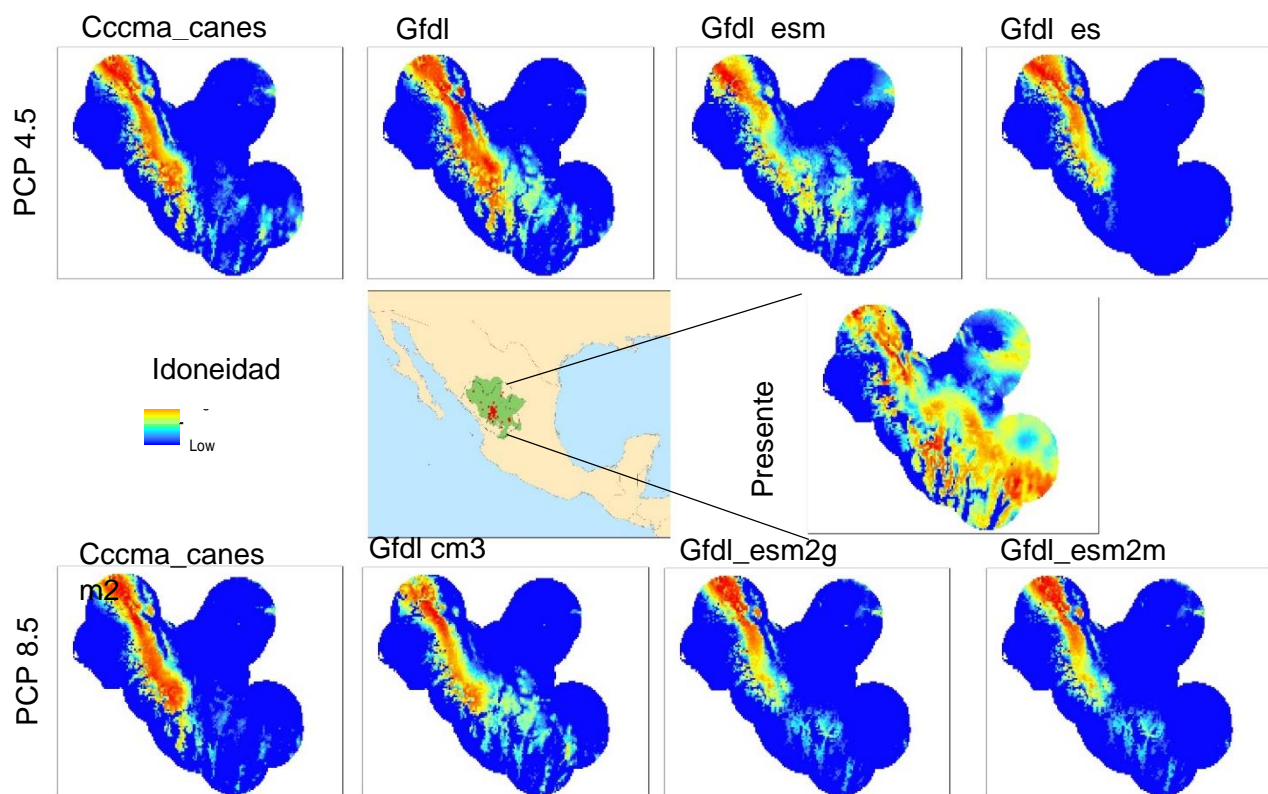


Figura 3. Tendencia ambiental idóneos de *Agave durangensis* presente, RCP 4.5 y 8.5 para futuro 2050. Color rojo representa tendencia de alta idoneidad ambiental y azul baja tendencia idoneidad ambiental.



## Conclusión

Nuestros resultados mostraron que el *Agave durangensis* es una especie que en presente tiene una distribución ambiental y geográficamente reducida, y que en bajo ambos escenarios de cambio climático para su futuro 2050 la tendencia de su distribución ambiental no es muy favorable, aunque habría la posibilidad de encontrar otros ambientes idóneos fuera de los estados de Durango y Zacatecas que es su centro distribución, sin embargo se tendría que plantear si es conveniente utilizar esos ambientes ya que perdería importancia como denominación de origen y además se tendría que considerar los impactos para otras especies, por lo que hay considerar de que si no una pronta planificación encaminado a un manejo sostenible que nos permita actuar con antelación a los riesgos de impacto ambiental previstos ante la tendencia de pérdida de idoneidad ambiental del 22% al 54% en ambos escenarios, para el *Agave durangensis* implicaría pérdida de una especie endémica y un mayor esfuerzo para el mantenimiento de su distribución y conservación. Lo que sería lamentable porque para dichos estados es una fuente de favorecimiento económico, social y cultural, importante ya que hay recalcar que el volumen de mezcal certificado es reducido y que la mayor de producción de mezcal en Durango es realizada por pequeños productores, de manera artesanal, discontinúa, heterogénea en la calidad. Por lo cual es de urgencia un plan de manejo sostenible para poder conservar, proteger y potenciar su cultivo.

## Referencias

- Borrego, A., & Hernández, R. (2014). Desarrollo de comunidades rurales y degradación de recursos forestales en la región Occidente de México. *Economía Informa*, 386, 16–30. [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(14\)70427-X](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(14)70427-X)
- Brown, J. L. (2014). SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(7), 694–700. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12200>
- Chapman, D. (2005). Principles of data quality. GBIF. <https://www.gbif.org/document/80509/principles-of-data-quality>
- CONABIO. (2022). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2022. <https://www.gob.mx/conabio>
- Escobar, L. E., Lira-Noriega, A., Medina-Vogel, G., & Townsend Peterson, A. (2014). Potential for spread of the white-nose fungus (*Pseudogymnoascus destructans*) in the Americas: Use of Maxent and NicheA to assure strict model transference. *Geospatial Health*, 9(1), 221. <https://doi.org/10.4081/gh.2014.19>
- García-Mendoza. (2011). Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. In U. N. A. de M. Instituto de Biología (Ed.), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (Vol. 88). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. [https://www.researchgate.net/publication/285902822\\_Agavaceae\\_Flora\\_del\\_Valle\\_de\\_Tehuacan-Cuicatlan](https://www.researchgate.net/publication/285902822_Agavaceae_Flora_del_Valle_de_Tehuacan-Cuicatlan)
- GBIF. (2019). *Agave durangensis*. Global Biodiversity Information Facility.
- IINIFAP. (2022). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://www.gob.mx/inifap>



- López-Romero, J. C., Ayala-Zavala, J. F., González-Aguilar, G. A., Peña-Ramos, E. A., & González-Ríos, H. (2018). Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2461–2474. <https://doi.org/10.1002/JSFA.8738>
- Owens, H. L., Campbell, L. P., Dornak, L. L., Saupe, E. E., Barve, N., Soberón, J., Ingenloff, K., Lira-Noriega, A., Hensz, C. M., Myers, C. E., & Peterson, A. T. (2013). Constraints on interpretation of ecological niche models by limited environmental ranges on calibration areas. *Ecological Modelling*, 263, 10–18. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2013.04.011>
- Qiao, H., Peterson, A. T., Campbell, L. P., Soberón, J., Ji, L., & Escobar, L. E. (2016). NicheA: Creating virtual species and ecological niches in multivariate environmental scenarios. *Ecography*, 39(8), 805–813. <https://doi.org/10.1111/ECOG.01961>
- Villers-Ruiz, L., & Trejo-Vazquez, I. (1998). Impacto del Cambio Climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia*, 1, 10–19. [https://www.researchgate.net/publication/287831828\\_Impacto\\_del\\_Cambio\\_Climatico\\_en\\_los\\_bosques\\_y\\_areas\\_naturales\\_protegidas\\_de\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/287831828_Impacto_del_Cambio_Climatico_en_los_bosques_y_areas_naturales_protegidas_de_Mexico)



## DOCE ESPECIES DE AVES RAPACES SOBRESALENTES Y ASOCIACIÓN A SITIOS DE PERCHA EN EL VALLE DE POANAS, DURANGO

Gonzalo Hernández Ibarra<sup>1\*</sup> Luis Gerardo Yáñez Chávez<sup>1</sup>, Mayela Rodríguez González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango. <sup>2</sup>Estudiante del Doctorado en Ciencias por la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. \*Autor para correspondencia: chalonza2011@gmail.com

### Introducción

A través de la historia en diversas regiones del planeta se han venido practicando y usando diversos métodos para censar y estimar la cantidad de individuos de fauna silvestre prácticamente a lo largo de los últimos 90 años, siendo el muestreo de transectos lineales, una serie de líneas rectas (camino lineal) que se atraviesan por un observador. Esto se logra de varias maneras, dependiendo del estudio de las especies. En los estudios terrestres, se incluyen: caminando, a caballo, con vehículo todo terreno, en aeroplano y helicóptero (Burnham, 1980; citado por Hernández, 2005). Para el caso de la clase aves no es la excepción y se aplica recurrentemente esta metodología. Las aves rapaces son indicadores del estado de salud del pastizal y autores como Carmona et al. (2017), indican que en México existen alteraciones antrópicas en diversos hábitats que han ocasionado que la mayoría de las especies de aves rapaces presenten problemas de conservación, por lo que muchas de ellas (80% del total nacional) tienen algún estatus de protección por parte del gobierno mexicano según lo público el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2010). El objetivo planteado fue registrar especies de aves rapaces diurnas y nocturnas en un polígono ejidal al sureste de Durango.

### Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en los meses de febrero a septiembre de 2022 en el Ejido El Refugio del municipio de Poanas, Durango, éste se localiza en los paralelos 23° 49' y 24° 15' de latitud norte y en los meridianos 103° 47' y 104° 16' de longitud oeste, presenta una latitud entre los 1800 y 2700 m. Las colindancias del municipio son al norte con los municipios de Durango y Guadalupe Victoria; al este con el municipio de Cuencamé y el estado de Zacatecas; al sur con los municipios de Vicente Guerrero y Nombre de Dios, así como con el estado de Zacatecas; al oeste colinda con los municipios de Nombre de Dios y Durango. El municipio cuenta con un total de 29 localidades y una población total de 23,466 habitantes. El municipio de Poanas es el segundo más pequeño del estado de Durango, tiene una superficie de 1,124.9 km<sup>2</sup> que representan el 1.53% del total del territorio estatal (INEGI, 2010).



**Metodología.** El registro de las especies avistadas en el área se realizó a través del método de conteo directo de especies por transecto lineal de 10 km de largo registrando las aves rapaces encontradas considerando 30 m a cada lado; repitiendo el recorrido en 10 ocasiones (uno por mes) (Ralph et al., 1996, González s/f, Moreno 2001). Cada especie se fotografió y registro, con la cámara fotográfica, Nikon Coolpix P-900 y binoculares Screenshot, Hike Crew (Night Vision Binoculars: Distancia visual en día= 400 m, de noche=100 m) con infrarrojo; posteriormente los individuos se identificaron con el apoyo de Guías para la identificación de aves: Dunn y Alderfer, 2017 (National Geographic); Sibley, 2003, y la plataforma online Naturalista (CONABIO, 2022). Análisis de datos. La información se sistematizó por género y especie. Además, los individuos fueron ordenados de acuerdo con su categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT (DOF, 2010). Se utilizó el Software Microsoft Excel© 2013 para capturar la información de las especies de aves rapaces encontradas.

## Resultados y discusión

En el presente estudio se ha logrado recopilar información a lo largo de ocho meses en los que se registraron 12 especies de aves de las cuales 11 fueron rapaces diurnas y 1 rapaz nocturna, de las familias Accipitridae (7 especies), Falconidae (3), Cathartidae (2 especies) y Strigidae (1 especie); respectivamente. Para todas las especies se realizaron 384 registros (Figura 1), si se considera los 10 días de trabajo de campo de igual número de transectos, esto implicó un promedio de 38.4 aves rapaces/día o por transecto.

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059, cuatro especies se encuentran listadas en la categoría de protección especial (Pr) *Parabuteo unicinctus*, *Buteo swainsonii*, *Geranoaetus albicaudatus* y *Accipiter cooperi* (DOF, 2010). Favela et al. (2019) obtuvieron 388 registros para 11 especies de rapaces en un estudio realizado en el Parque Estatal Cañon de Fernández e indican que 5 especies están incluidas en la NOM-059. Resultados similares son los que Castillo et al. (2021) encontraron en un estudio en Nuevo León, al registrar 16 especies de aves rapaces que se encuentran bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la mencionada Norma Oficial Mexicana.

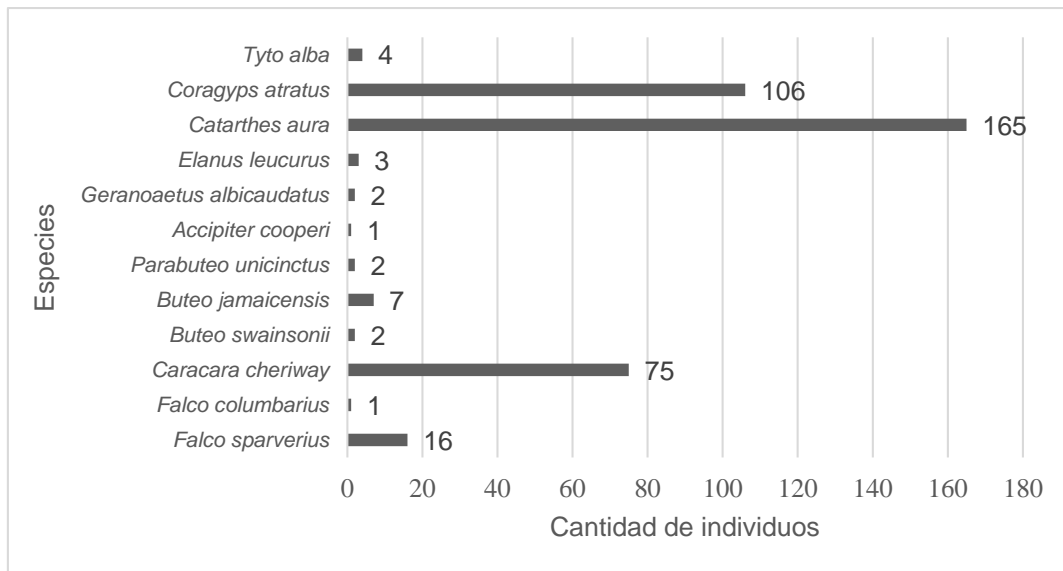


Figura 1. Cantidad de individuos de las especies de aves rapaces.

Cuando se habla de aves silvestres particularmente las rapaces tanto diurnas como nocturnas es esencial considerar también el lugar o sitio donde se registran una vez que se han localizado e identificado, puesto que utilizan los sitios para perchar visualizando el entorno en busca de posibles especies presa, alerta si detectan peligro e incluso ubicar posibles individuos de la misma especie o de otra que pudieran ser competencia directa. En la Figura 2, se hace referencia a los siete diferentes sitios de percha que fueron encontrados al registrar las aves rapaces reportadas en el presente estudio.

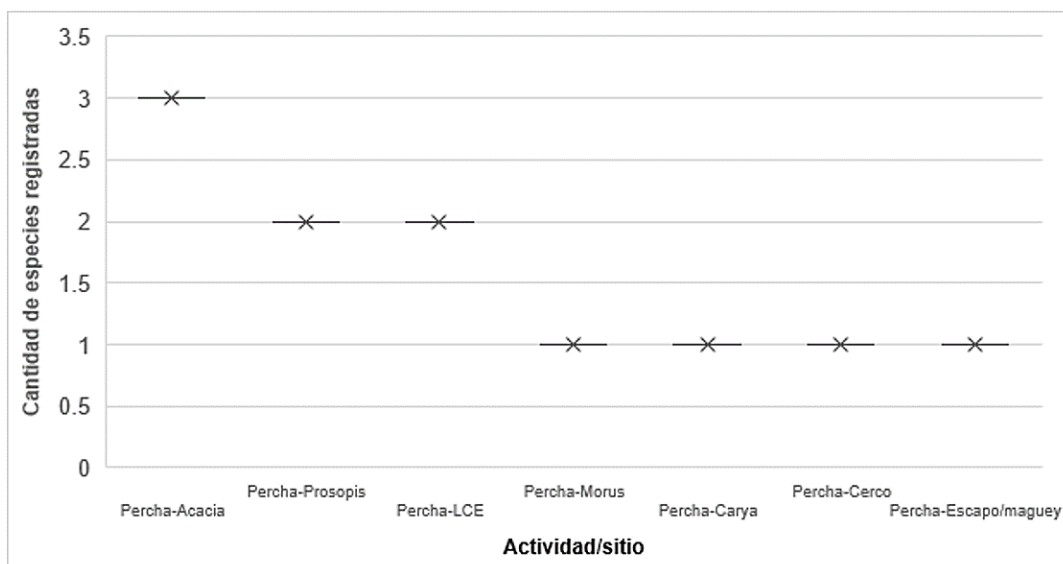


Figura 2. Cantidad de especies y de sitios de percha registrados. (Nota: Percha-Acacia= Árbol huizache; Percha-Prosopis= Árbol mezquite; Percha-LCE= Línea de Conducción Eléctrica; Percha-Morus= Árbol Mora; Percha-Carya= Árbol Nogal; Percha-Cerco= Cerco de alambre y poste de madera y Percha-Escapo/maguey= Escapo de maguey.)



Al respecto algunos autores hacen referencia recientemente sobre la importancia de la interacción entre las aves rapaces y el entorno en que desarrollan las actividades cotidianas. Castillo et al. (2021) dicen que siempre que haya una cobertura de vegetación adecuada que proporcione estructura para la anidación entonces las aves rapaces pueden encontrar sitios para la crianza en áreas urbanizadas. Gómez et al. (2022) mencionan que los inventarios de la riqueza y diversidad de aves aún están incompletos en algunos estados de nuestro país, y que hay vacíos de conocimiento en la distribución de especies y ratifican lo descrito por Almazán-Núñez (2009). Adicionalmente aluden que recurrentemente en trabajos de gran escala pasan inadvertidas los inventarios de avifauna locales, puesto que son de gran importancia porque contribuyen al entendimiento de los ensambles y distribuciones de las aves en áreas pequeñas.

## Conclusiones

Se registraron doce especies de aves rapaces encontradas cuatro están incluidas en la Norma Oficial Mexicana 059. Un total de 384 individuos de aves rapaces fueron contabilizadas. Las aves rapaces encontradas usan siete diferentes sitios de percha.

## Referencias

- Almazán-Núñez, R. C. (2009). Información adicional sobre la avifauna de la Sierra Norte de Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 25 (3), 537-550. <https://doi.org/10.21829/azm.2009.253660>
- Carmona, R., Mendoza, L.F., Molina, D., Ortega, L., Miramontes, E. y Cruz, M. (2017). Presencia espacial y temporal de aves rapaces diurnas (Aves: Accipitriiformes, Falconiformes) en Marismas Nacionales, Nayarit-Sinaloa, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 33(1), 27-38
- Castillo-Muñoz M y Guzmán-Hernández JL. (2021). Composición y estructura de la comunidad de aves en un corredor ribereño urbano del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología* 22(2):e-628. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2021.22.2.499>
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). (2022). Lista de comprobación de especies del Estado de Durango. Aves. Recuperado el 10 de agosto de 2022 de: [https://www.naturalista.mx/check\\_lists/13927-Durango-Check-List?page=6](https://www.naturalista.mx/check_lists/13927-Durango-Check-List?page=6)
- Diario Oficial de la Federación. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. México. Recuperado el 11 de octubre de 2022 de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091)
- Dunn, J. L., & Alderfer, J. (2017). *Field Guide to the Birds of North America*. Washington, DC: Séptima edición. National Geographic.
- Favela-Mesta J., Martínez-García V. (2019). Riqueza y abundancia de rapaces diurnas del Cañón de Fernández, Lerdo, Durango. *Huitzil*. 21(1):e-533. doi: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2020.21.1.480>
- Gómez-Moreno, V. del C., González-Gaona, O. J., López-Mancilla, A., Montoya-Cruz, L., Vela-Puga, J. J., Niño-Maldonado, S. (2022). Dinámica estacional de las comunidades de aves en el matorral submontano de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 38, 1-18. 10.21829/azm.2022.3912416 elocation-id: e3912416





- González G.F. (s/f). Fauna silvestre de México: Uso, manejo y legislación. Capítulo 4. Métodos para contar aves terrestres. Pág. 85-116.
- Hernández V. J.I. (2005). Uso de tres estimadores para el cálculo de densidades de especies de fauna silvestre. Tesis Profesional. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. 170 p.
- INEGI. (2010). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Poanas, Durango. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 12 de septiembre de 2022 de:  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/10/10022.pdf>
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Ralph. C John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin Thomas e.; DeSante, David F.; Milá, Borja. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report, Albany CA: Pacific Southwest Station. Forest Service. U.S. Department of Agriculture.
- Sibley, D. A. y Knopf, A. A. (2003). The Sibley. Field Guide to Birds of Western North America. New York, E U A.



## ÁREA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL TROMPILLO (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) EN EL ESTADO DE DURANGO

Margarita Martínez-Maldonado<sup>1\*</sup>, Diego Armando Rivera-Rodríguez<sup>1</sup>, Ramón Trucíos-Caciano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo., Méx. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA \*Autor de correspondencia: diez.riverarod@gmail.com

### Introducción

México tiene una gran variedad de especies pertenecientes a la familia Solanaceae, entre ellas se encuentra la herbácea perenne *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Martínez et al., 2017), conocida comúnmente como trompillo. Es considerada como una maleza en áreas agrícolas de zonas áridas, por ello se le atribuye una dinámica perjudicial para los campos de cultivo y se establece en sitios con perturbación. Su distribución abarca del centro de México hasta el centro de Estados Unidos, también se ha reportado su presencia en Sudamérica; sin embargo, es nativa del norte de México, donde se desarrolla en matorrales xerófilos, pastizales y zonas donde la vegetación nativa ha sido removida. Puede llegar a medir 1 m de alto, está cubierta por una capa de pubescencia estrellada de color gris; el cáliz y las hojas están cubiertas por delgadas espinas rígidas de aproximadamente 4 mm de largo, de color café-amarillento. Tiene hojas simples con el margen entero semi lobado de menos de 4 cm de ancho. La corola es morada de aproximadamente 2.5 cm de diámetro, presenta frutos globosos amarillo-verdosos de 2 cm de diámetro aproximadamente. Su tallo es erecto y poco ramificado. Su reproducción se da partir de semillas y de rizomas que son distribuidos por escorrentías y pastoreo ya que las semillas no pierden viabilidad en el tracto digestivo de las ovejas y otros animales silvestres (Rzedowski, G., & Rzedowski, J., 2005).

Históricamente ha sido utilizada para cuajar la leche en la elaboración de queso y jabón, sin embargo, se ha registrado que cuenta con propiedades para tratar enfermedades como el asma y la artritis (Muthukumar, & Sathya, 2017). Así mismo, el trompillo cuenta con un potencial de remediación de suelos contaminados por metales pesados como el plomo, cadmio y zinc (Sánchez-Olvera, 2015). Además, se ha desarrollado su uso para el control de los insectos como la *Blatella germánica*, donde se demostró que cuenta con actividad fago disuasivo e insecticida (Sánchez-Chopa, 2010). Estos atributos han hecho que instituciones como la Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, explore a mayor profundidad las propiedades de esta herbácea para generar un aprovechamiento.

El conocer la distribución geográfica de *S. elaeagnifolium* ayudará a generar planes de manejo para su aprovechamiento por ello se ha desarrollado un modelo deductivo apoyado de un Sistema de Información Geográfico con el objetivo de estimar su distribución potencial en función a los requerimientos ambientales.



## Materiales y métodos

La ubicación de Durango al norte 26°50'42", al sur 22°20'42" de latitud norte; al este 102°28'22", al oeste 107° 12' 37" de longitud oeste y los climas variables predominantes como templado subhúmedo C(w), semiseco templado BS1kw y muy seco semicálido BWhw (INEGI, 2021), generan una gran riqueza vegetativa, en la cual el trompillo se encuentra presente. Para la elaboración del modelo de predicción de área potencial de desarrollo del trompillo se procedió a obtener las variables climáticas, edafológicas y topográficas (Cuadro 1) de las fichas de caracterización de *S. elaeagnifolium* de la CONABIO y de la OEPP (European and Mediterranean Plant Protection Organization) de acuerdo con los requerimientos ambientales del desarrollo óptimo de la especie, así como la caracterización del uso de suelo de Durango conforme a la disponibilidad de la información

En el procesamiento de los datos obtenidos, se empleó el software libre QGIS 3.26.2, que generó las representaciones gráficas de los mapas. En cuanto a la extracción de los datos para las capas temáticas, se empleó el portal de geo información de la CONABIO (sistema nacional de información sobre biodiversidad); en el cual se descargaron los archivos Shapefile en coordenadas geográficas de las variables del rango de temperatura, los tipos de climas, los tipos de suelo, la precipitación y el uso del suelo y vegetación del estado de Durango. La variable "altitud" se extrajo del modelo continuo de elevación mexicano 3.0 (CEM 3.0) del INEGI, el cual se encuentra en formato tipo TIFF.

Referente al procesamiento del álgebra de mapas, se crearon índices espaciales para cada capa generada, además se realizó la corrección de geometrías para evitar dificultades en su proceso; con el fin de solo tener los requerimientos ambientales óptimos para el desarrollo del trompillo en los mapas, se realizó una disolución de datos, posteriormente se empleó la herramienta de geo proceso para cortar cada capa desarrollada y finalmente se hizo la composición de impresión del mapa.

Cuadro 1. Requerimientos ambientales para el desarrollo de *Solanum elaeagnifolium* Cav.

Variable	Tipo de Dato	Valor
Altitud	Imagen tipo TIFF	Por encima de los 1000 msnm
Rango de Temperatura	Archivo tipo SHP	20 a 30°C
Clima	Archivo tipo SHP	Esteparios y Mediterráneos
Suelo	Archivo tipo SHP	Salino con poca materia orgánica, arenoso y húmedo
Precipitación anual	Archivo tipo SHP	Relativamente baja (250-600 mm)
Uso de suelo	Archivo tipo SHP	Agricultura de riego, Agricultura de Temporal, Asentamientos humanos, Matorral desértico, Pastizal y Vegetación secundaria.



## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos por medio de esta modelación están sujetos a escenarios idóneos con referencia a las variables mencionadas a lo largo del documento.

El mapa de distribución potencial (figura 1) muestra en tonalidad verde toda la zona con las mejores condiciones para que *Solanum elaeagnifolium* puede establecerse y desarrollarse. El área que esta zona ocupa es de 4,250,801 ha, que representa el 34.4 % de la superficie del estado de Durango.

El área que se ha modelado para la distribución potencial de esta especie en el país coincide con las observaciones realizadas por Rzendowsky y colaboradores, en donde se la ha observado en un amplio rango de tipos de suelo, aunque preferentemente arenosos, elevación por encima de los 1000 msnm y con baja densidad de plantas nativas.

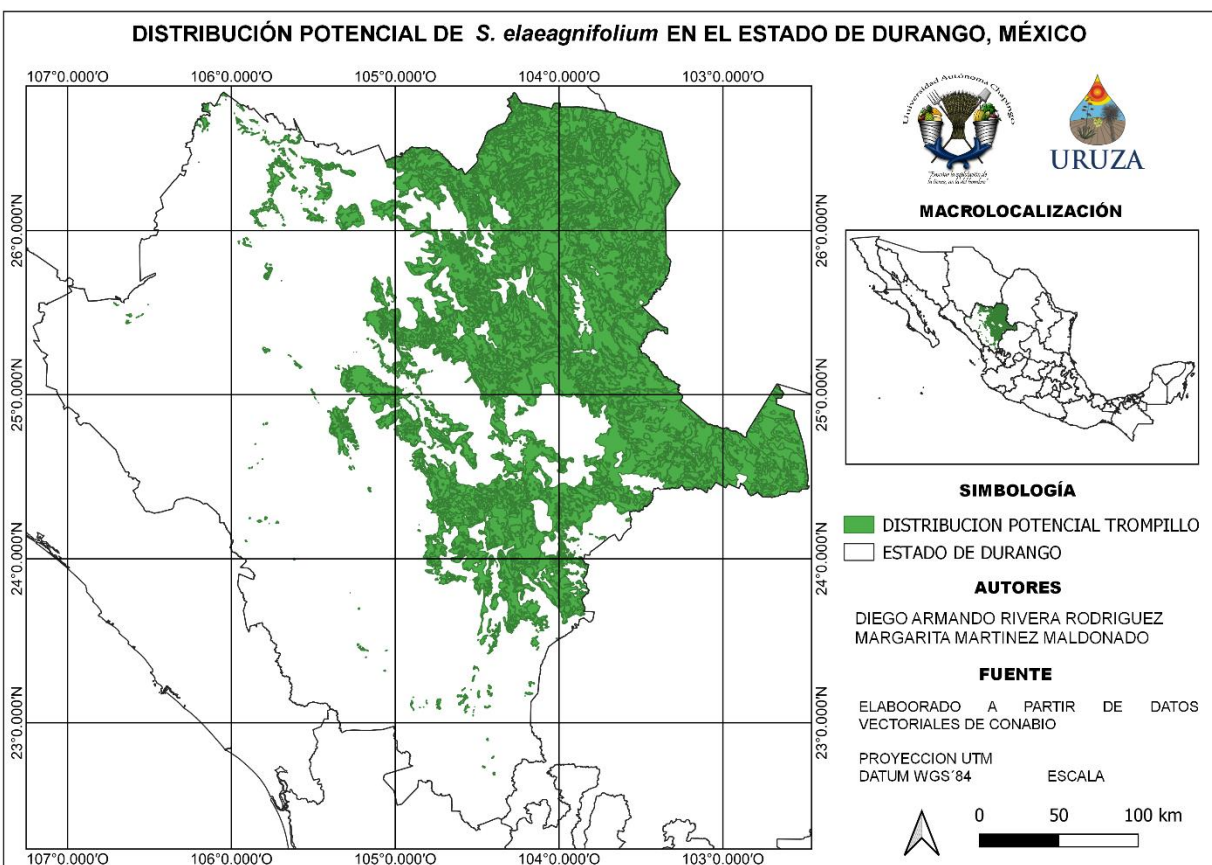


Figura 1. Distribución potencial de *Solanum elaeagnifolium* en el estado de Durango. Modelado a partir de las variables de altitud, precipitación, temperatura, tipo de suelo, clima, uso de suelo y vegetación.



## Conclusiones

De acuerdo a este estudio, *S. elaeagnifolium* es una especie que tiene un amplio potencial de distribución en el estado de Durango, es común observarla en campos de cultivo y zonas perturbadas por actividades antrópicas. Es una especie dominante en áreas desprovistas de vegetación nativa. Puede establecerse en una amplia zona del centro y norte del estado. Es una planta pionera en áreas con alguna perturbación, lo que ayuda al proceso de fijación de carbono contribuyendo a la sucesión vegetal y resiliencia de los ecosistemas de zonas áridas.

## Referencias

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO (2009). *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Solanum elaeagnifolium* - ficha informativa. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/solanum-elaegnifolium/fichas/ficha.htm>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2021). *Marco Geoestadístico*. Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI. Panorama sociodemográfico de México. 2020. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825197711>
- Martínez, M., Vargas-Ponce, O., Rodríguez, A., Chiang, F., & Ocegueda, S. (2017). Solanaceae family in Mexico. *Botanical Sciences*, 95(1), 131. <https://doi.org/10.17129/botsci.658>
- Mekki, M. (2007), *Biology, distribution and impacts of silverleaf nightshade (Solanum elaeagnifolium Cav.)*. EPPO Bulletin, 37: 114-118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2007.01094.x>
- Muthukumar, T., & Sathya, R. (2017). Endorhizal Fungal Association and Colonization Patterns in Solanaceae. *Polish Botanical Journal*, 62(2), 287-299. <https://doi.org/10.1515/pbj-2017-0016>
- Rzedowski, G., & Rzedowski, J. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. (2a. ed.), 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Sánchez-Chopa, C. S. (2010). *Schinus molle var. areira y Solanum eleagnifolium, nuevas alternativas botánicas para el control de Blattella germanica insecto plaga de importancia en la salud humana* (thesis). <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2100>
- Sánchez-Olvera, E. F., Sánchez-Olvera J. J., & Alvarado-Arroyo, R. A. (2015) Evaluación de metales pesados (Plomo, Cadmio y Zinc) en suelo y trompillo (*Solanum elaeagnifolium*) en áreas aledañas a minas de Bermejillo Dgo. *Revista de Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo* 1(1) 182-188



## CONSTRUCCIÓN DE UNA PROPUESTA PARTICIPATIVA PARA DEFINIR EL PROGRAMA DE MANEJO DE UN INSECTO COMESTIBLE EN LA MIXTECA POBLANA

Mayra M. Hernández-Moreno<sup>1\*</sup>, Javier Álvarez-González<sup>1</sup>, Daniela Cuéllar-Resendiz<sup>1</sup>,  
Mónica Ambriz-Muñoz<sup>1</sup>, Víctor M. Salazar-Rojas<sup>1</sup>, Humberto Macías-Cuéllar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Gestión del Conocimiento-UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, CP 54090 \*Autor de correspondencia: hernandez.moreno@iztacala.unam.mx

### Introducción

Los recursos forestales no maderables (RFNM) son recursos biológicos, distintos a la madera, derivados del bosque, o de otras áreas forestales y de los árboles fuera de los bosques como frutas, hojas, aceites, especias, resinas, gomas, insectos, tierra, etc (FAO, 2014). Su importancia se reconoce ya que las familias, principalmente de zonas rurales, que los recolectan y comercializan, dependen de ellos para satisfacer sus necesidades nutricionales y de salud; y en ocasiones, suelen ser una fuente importante de ingresos (Jiménez-González et al., 2017; Tapia-Tapia, 2008). Por ello, tienen un papel fundamental en la economía familiar, en cuyo seno se definen las estrategias para su manejo y conservación; pero también en la seguridad alimentaria y la conservación de la diversidad biológica (FAO, 2014; León-Merino et al., 2017).

Las estrategias locales de manejo de los recursos naturales han permitido la conservación de la diversidad genética de las especies, asociada al mantenimiento de las prácticas culturales para su manejo, mediante la transmisión, aplicación, adaptación y generación de nuevo conocimiento (Herrera et al., 2018). Este principio es aplicado en diferentes regiones del país, entre ellas las zonas áridas, en las que la participación democrática es una de las estrategias que permiten una adecuada planificación de las mejores estrategias de manejo sustentable de los recursos, pues supone la integración de agrupaciones de actores, que usan alternativas en la búsqueda de procesos productivos y diversificados, reforzando la estructura de las organizaciones comunales y sociales, para que las generaciones futuras tengan un lugar en el que puedan permanecer (Barkin, 2005).

Las especies de insectos comestibles, como la larva del cuchamá (*Paradirphia fumosa*), son RFNM de recolección de alta importancia en la mixteca poblana. Son consideradas un recurso esencial por sus beneficios en la alimentación por su alto contenido de proteínas, y porque generan ingresos para la economía rural, además de formar parte de un ámbito multidimensional y multiescalar de aprovechamiento, donde se involucran los actores sociales, culturales, económicos, políticos y biológicos. Son comunes dentro del mercado, sin embargo, existe poca información acerca de su cantidad, valor, manejo y conservación (SEMARNAT, 2008); y por ende, pocos ejercicios que propongan de manera participativa un programa de manejo de dichos recursos.



El objetivo de esta investigación fue documentar las formas de aprovechamiento de, la larva del cuchamá (*Paradirphia fumosa*), en la localidad San Martín del Valle, Zapotitlán Salinas, Puebla, con la intención de plantear las bases para la elaboración de programas de manejo, en conjunto con los miembros de la comunidad.

## **Materiales y Métodos**

La construcción de la propuesta participativa que plantea las bases para el programa de manejo de la larva del cuchamá (*Paradirphia fumosa*), tomó como marco metodológico la propuesta de evaluación de RFNM (FAO; 2001), bajo el marco conceptual y metodológico de la sociopraxis (Rodríguez-Villasante, 2004), en el contexto del manejo de los sistemas socioecológicos (Ostrom, 2009).

El estudio se llevó a cabo en diferentes etapas. En la primera se analizaron los componentes del sistema de aprovechamiento, mediante el diagnóstico de las características biofísicas, sociales y económicas que influyen en el aprovechamiento de la especie (Álvarez-González, 2021). Para el diagnóstico de condiciones biofísicas se llevó a cabo una extensa revisión bibliográfica y cartográfica y se elaboró cartografía temática. Además, se muestreó el suelo en cada unidad de muestreo, para realizar su caracterización en laboratorio (Muñoz et al., 2018). En los aspectos social y económico, se identificaron a los actores y las actividades relacionados con el sistema de aprovechamiento y se documentaron los precios de los diferentes recursos en mercados locales y regionales (Juárez-Hernández, 2016). Para ello, se realizaron entrevistas abiertas con carácter exploratorio (Francés et al., 2015), con el propósito de generar información referente a los aspectos más relevantes de las estrategias de uso, conservación y aprovechamiento.

Posteriormente se identificó la localización de las poblaciones del árbol hospedero, el manteco (*Parkinsonia praecox*) y de la larva, así como las rutas de aprovechamiento y recolección mediante ejercicios de mapeo y recorridos participativos (Chambers, 2006; Tipula, 2008). En campo, se definieron unidades de muestreo y se evaluó la densidad actual de las poblaciones de cada especie (Álvarez-González, 2021; Juárez-Hernández, 2016). Posteriormente, se estimó el potencial de aprovechamiento dentro del territorio, mediante la modelación potencial de las especies (Nuñez-Peniche et al., 2016), utilizando los registros de presencia de cada especie, obtenidos durante los recorridos participativos, así como los procedentes de la base de datos del GBIF (Global Biodiversity Information Facility) y 19 variables bioclimáticas (Cuervo-Robayo et al. 2014), empleando el programa Maxent 3.3.3 K (Phillips y Dudík 2008), el cual se busca predecir los lugares donde se puede encontrar la especie a partir de las condiciones ambientales (Phillips et al., 2006).



Finalmente, en el marco del autodiagnóstico participativo (Rodríguez-Villasante et al., 2001) se definieron algunas condiciones de manejo y estrategias de aprovechamiento y escenarios factibles de aprovechamiento sustentable de los recursos, a partir del diagnóstico y caracterización previos, y con base en la revisión de la normatividad asociada con el aprovechamiento y la estructuración del programa de manejo del recurso.

## Resultados y Discusión

El principal uso que se le da a la larva cuchamá es como recurso alimenticio de autoconsumo y para venta o intercambio (trueque), por litro o unidad de medida. Son personas adultas (hombres y mujeres), acompañados ocasionalmente de sus hijos o nietos, quienes lo recolectan en las áreas de distribución, localizadas en las zonas ecogeográficas denominadas “el monte” y “los llanos” (Figura 1). La temporada de aprovechamiento del recurso, es de finales de julio a inicios de octubre.



Figura 1. Sitios de aprovechamiento del cuchamá, identificados con la comunidad en le Mixteca Poblana

El suelo en donde se establece el árbol hospedero del cuchamá y en donde se incuban la etapa de pupa es moderadamente fértil, con textura franco arcillo arenosa, de porosidad alta, con pH ligeramente alcalino y contenido moderado de materia orgánica, lo cuál no representa una limitante para el desarrollo ni de la pupa, ni del árbol, por la capacidad de retención de agua que tiene, derivado de la presencia de arcillas.





Los principales mercados en donde se comercializan o intercambian las larvas son el de Zapotitlán, Tehuacán, Ajalpan, San Sebastián y San Gabriel Chilac. Aunque también se comercializan a nivel local en San Martín del Valle y en los restaurantes de Zapotitlán. Las principales actividades que se realizan en torno al aprovechamiento del recurso son la recolección de otros RFNM, la agricultura, la cría y aprovechamiento de ganado, la elaboración de artesanías y el comercio.

Se identificaron 11 zonas de aprovechamiento donde se puede encontrar cuchamá y manteco (Figura 1). Con base en los modelos de distribución potencial, se encontró que 4.4 hectáreas de la zona de influencia de San Martín del Valle son idóneas para que la larva del cuchamá se distribuya y se pueda establecer un sistema de aprovechamiento óptimo (Figura 2).

En cuanto al estado del recurso y la problemática asociada, no obstante que, las poblaciones de la larva del cuchamá están disminuyendo con el tiempo, debido a las prácticas realizadas por pobladores de comunidades aledañas, este recurso sigue representando un aporte valioso para San Martín del Valle debido a su importancia alimenticia, cultural y económica, al representar una alternativa económica para las familias de la comunidad.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y la NOM-152-SEMARNAT-2006 son los documentos normativos relacionadas directamente con el aprovechamiento de los RFNM, en los que se determina que, para realizar el aprovechamiento, se debe contar con la autorización por la SEMARNAT. Específicamente, la NOM-152-SEMARNAT-2006 define los lineamientos y especificaciones del contenido de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas, la cual se fundamenta en la Ley General de Desarrollo Sustentable, en cuyo reglamento contiene las mismas especificaciones para realizar los planes de manejo de recursos forestales no maderables, de acuerdo a los artículos 53 al 61 (Álvarez-González, 2021)

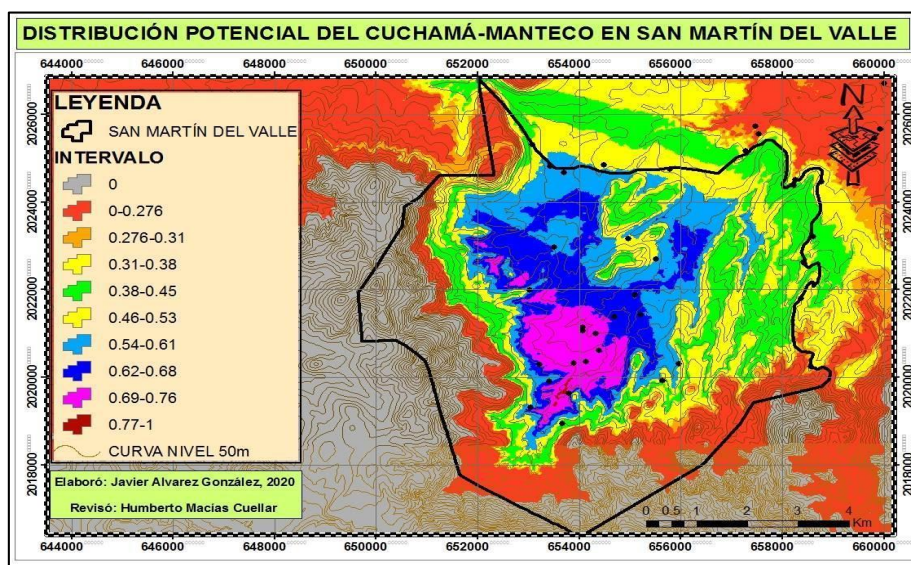


Figura 2. Distribución potencial del cuchamá y del manteco en San Martín del Valle, Puebla.



Como producto de la caracterización y diagnóstico participativo elaborados se presenta el esquema hipotético de la cadena productiva de la larva del cuchamá de la especie *Paradirphia fumosa* con las acciones generales que se deben de contemplar para el manejo integral productivo del recurso y de la especie.

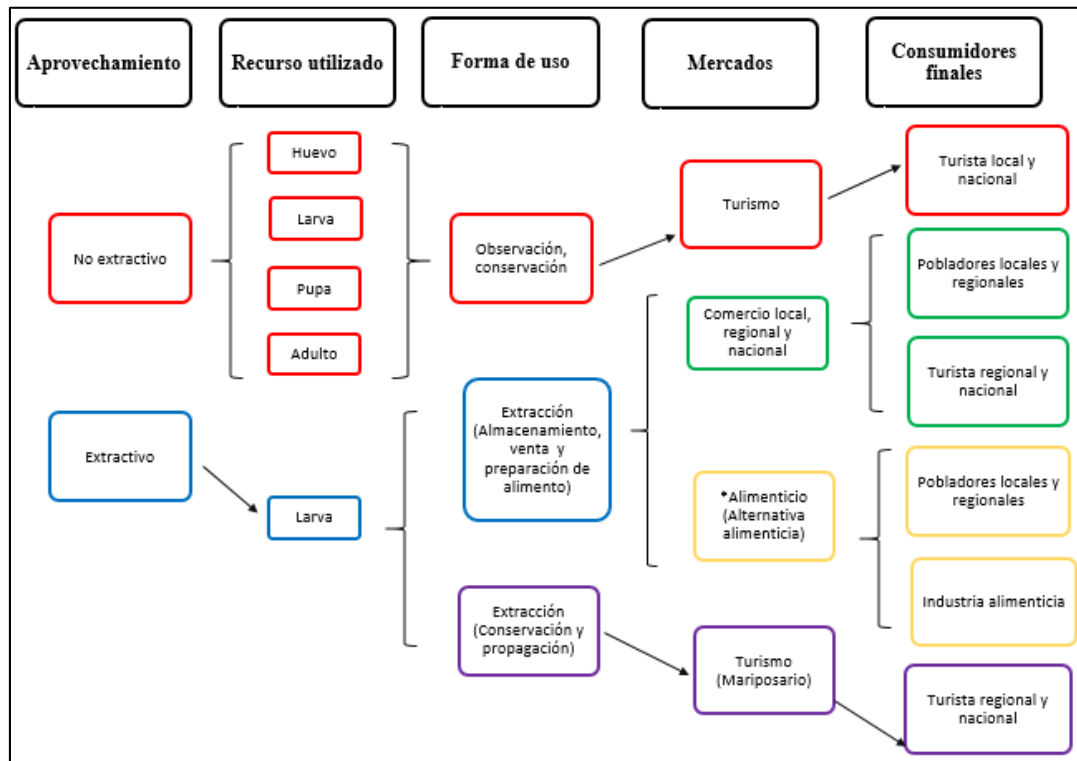


Figura 3. Esquema hipotético de la cadena de producción de la especie *Paradirphia fumosa*. Se remarca en el eslabón de mercados un "\*" el cual hace referencia a la viabilidad del recurso para ser integrado al mercado como una alternativa alimentaria con base en sus altos niveles de proteína.

## Conclusiones

El presente trabajo documenta datos actuales y no reportados del recurso, de la especie y de su árbol hospedero, lo cual permite establecer un marco de referencia para el manejo sustentable del cuchamá en San Martín del Valle.

Debido a la disminución de las poblaciones en los últimos años de la larva del cuchamá y por ende del pie de cría de la especie, es fundamental continuar monitoreando el estado de conservación del recurso. Con base en lo anterior, es importante considerar la necesidad de documentar la ecología poblacional de la especie *P. fumosa* con fines de mejorar el manejo integral de aprovechamiento de la especie y por ende del estadio larval.



El análisis del sistema de aprovechamiento, abordado desde los ámbitos biofísico, social y económico permitió comprender los beneficios del aprovechamiento y considerar las distintas problemáticas relacionadas con el manejo de este recurso forestal no maderable.

Se construyó de manera participativa una propuesta que plantea las bases para el programa de manejo de la larva del cuchamá (*Paradirphia fumosa*), por lo que se cuenta con los elementos en cuanto al análisis de la distribución y la cantidad de recurso disponible, para definir las estrategias de manejo.

Esta propuesta de manejo tendrá que ser analizada, retroalimentada y gestionada por los habitantes de la comunidad, así como por las autoridades locales y del núcleo agrario de Bienes Comunales de Zapotitlán Salinas para que se implemente.

## Referencias

- Álvarez-González, J. (2021). Construcción participativa de una estrategia para el manejo sustentable de la larva del cuchamá (*Paradirphia fumosa*) en San Martín del Valle, Puebla. [Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México]. [https://tesiuam.dgb.unam.mx/F/VJKCKI1UCPYLS4QDY4NHXTDF9IDHGQX9ESTVXLLU7217BK733B-31609?func=full-set-set&set\\_number=751952&set\\_entry=000001&format=999](https://tesiuam.dgb.unam.mx/F/VJKCKI1UCPYLS4QDY4NHXTDF9IDHGQX9ESTVXLLU7217BK733B-31609?func=full-set-set&set_number=751952&set_entry=000001&format=999)
- Barkin, D. (2000). Estrategias de los campesinos mexicanos: alternativas frente a la globalización, Pontificia Universidad Javeriana, Seminario Internacional, Bogotá, Colombia. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/rjave/paneles/barkin.pdf>
- Chambers, R. (2006). El mapeo participativo y los sistemas de información geográfica: ¿De quién son los mapas? ¿Quién se empodera y quién se desempodera? ¿Quién gana y quién pierde? *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, 2(25), 1-2.
- Cuervo-Robayo, A., Téllez-Valdés, O., Venegas-Barrera, C., Manjarrez, J., Martínez-Meyer, E. (2014). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, (34), 2427-2437
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). *¿Qué son los PFM?* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. <http://www.fao.org/forestry/nwfp/6388/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2001). *Programa de Análisis Socioeconómico y de Género (ASEG). Manual para el nivel de campo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/c318ec6c-2bb0-5319-afb1-efc6055087b8/>
- Francés, G., Alaminos, C., Penalva, Verdú., Santacreu, F. (2015). *La investigación participativa: Métodos y técnicas*. Pydlos ediciones. Ecuador.
- Herrera-Cabrera, B., J. Campos, H. Macías-Cuéllar, A. Delgado-Álvaro, V. Salazar-Rojas. (2018). Beyond the traditional home garden: a *circa situm* conservation experience of *Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis* Soto-Arenas (Orchidaceae). *Springer Nature*, 20(5),1-15.
- Jiménez-González, A., Pincay-Alcivar, F. A., Ramos-Rodríguez, M. P., Mero-Jalca, O. F. & Cabrera-Verdesoto, C. A. (2017). Utilización de productos forestales no madereros por pobladores que conviven en el bosque seco tropical. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 5(3), 270-286.
- Juárez-Hernández, J. A. (2016). Construcción de una propuesta de aprovechamiento sustentable de *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto, en el Ejido de San Antonio Texcala, Puebla. [Tesis de



Licenciatura en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México].  
[https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/TH3VXK1CDU2M9QD37FSMXTAFRKNKBR9LI7H6GDGX8U4M3S SLTI-403777?func=full-set-set&set\\_number=761072&set\\_entry=000002&format=999](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/TH3VXK1CDU2M9QD37FSMXTAFRKNKBR9LI7H6GDGX8U4M3S SLTI-403777?func=full-set-set&set_number=761072&set_entry=000002&format=999)

- León-Merino A., Rivera-Peña, R., Hernández-Juárez, M., Sangerman-Jarquín, D. M., Jiménez-Sánchez, L. & Valtierra-Pacheco, E. (2017). Aprovechamiento de productos forestales no maderables en la comunidad Pensamiento Liberal Mexicano, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 18, 3725-3738.
- Maass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. En: O., Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. (2003). *Conservación de ecosistemas templados de montaña de México*. SEMARNAT/US Fish y Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México.
- Mastrangelo, A. V. (2009). Analysis of the concept of renewable natural resources in two case studies in Argentina. *Ambiente & Sociedad*, 12(2), 341-355.
- Muñoz-Iniestra, D.J., Soler, A. A., López, G. F., Hernández, M. M. M. (2018). Edafología. Manual de métodos de análisis del suelo. México. UNAM.
- Nuñez-Peniche, C., Cobos, M., Gutiérrez, J., Barro, A. 2016. Distribución potencial del género omphalea (Euphorbiaceae) en cuba: aproximación a su distribución real. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, (37), 165-175.
- Ostrom, E. (2009), A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422, <https://doi:10.1126/science.1172133>
- Phillips, S., Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, (31)161-175.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, (190),231-259.
- Rodríguez-Villasante, T. (2004). *Los caminos que creemos estar abriendo...: De la investigación-acción participativa a la socio-praxis para la creatividad social*. Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible.
- Rodríguez-Villasante, P. (2001). *Participación e integración social*. En: Delgado-Gutiérrez, O. (2001). Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales. Síntesis. Madrid
- SEMARNAT. (2008). Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de Recursos Forestales no Maderables en clima árido y semiárido, 103pp.
- Tapia-Tapia, E. D. C. & Reyes-Chilpa, R. (2008). Productos forestales no maderables en México: aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques*, 14(3), 95-112.
- Tipula, T. (2008). *Metodología del Mapeo Territorial. Comunidades nativas Cacataibo*. [Archivo PDF] [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/TIPULA%202008%20Metodologia%20de%20Mapeo%20Territorial-SPANISH.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TIPULA%202008%20Metodologia%20de%20Mapeo%20Territorial-SPANISH.pdf)



## **PRESENCIA DE AVES RAPACES EN EL EJIDO CINCO DE MAYO, CUENCAMÉ, DURANGO.**

Mayela Rodríguez-González<sup>1\*</sup>, Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1</sup> y Gonzalo Hernández-Ibarra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Torreón-Chihuahua. CP 35230 Bermejillo, Durango. \*Autor de correspondencia: maye.rodriguez@chapingo.uruz.edu.mx

### **Introducción**

La pérdida y degradación de los ambientes naturales son la mayor amenaza para las especies silvestres, en particular para grupos que desempeñan diversas funciones ecológicas (Vázquez-Pérez et al., 2009). Las aves rapaces influyen en la estructura y dinámica de los ecosistemas naturales ya que son capaces de explotar un amplio nicho trófico, regulan la densidad de sus presas y sostienen el equilibrio de las comunidades, actúan como controladores biológicos, reciclan la materia muerta, regulan la transmisión de enfermedades a otros animales y al ser humano, además de proveer de servicios ecosistémicos, culturales y de apoyo lo que las coloca en la cima de la cadena trófica y son consideradas especies paraguas (Favela-Mesta & Martínez-García, 2020; Márquez et al., 2005). Este grupo de aves además de requerir amplios territorios, poseen tasas reproductivas bajas y alta longevidad, por lo que sus poblaciones son generalmente reducidas y, por lo tanto, amenazadas (Macías-Duarte et al., 2016). En México, más del 70% de rapaces se encuentran en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT, 2022). No obstante, a pesar de este elevado porcentaje los estudios sobre la riqueza, diversidad y distribución geográfica de las aves rapaces son muy limitados. Por lo tanto, este trabajo se realizó con el objetivo de registrar las especies rapaces presentes en un área relevante por sus ecología y servicios ecosistémicos.

### **Materiales y métodos**

El estudio se llevó a cabo en el Ejido Cinco de Mayo (San Ángel) localizado en la parte sur del municipio de Cuencamé, del estado de Durango, México, a una altura promedio de 2100 msnm. Este sitio presenta un clima semiárido, con régimen de lluvias en verano (INEGI, 2018); precipitación promedio anual de 502.8 mm y temperatura media anual es de 16°C (SMN, 2010). El uso de suelo y vegetación está dominado por pastizales naturales y áreas agrícolas. En el área de estudio se encuentran dos cuerpos de agua, uno permanente con una extensión de 4.1 ha llamado San Antonio, el segundo intermitente de 0.4 ha, ambos se alimentan de una corriente subsuperficial denominada Saladillo. Estos cuerpos de agua son de relevancia ecológica por ser refugio y hábitat de una gran cantidad de especies de aves migratorias y residentes de la zona.



Se realizaron observaciones de enero a diciembre durante el periodo 2019-2021. Se efectuaron 20 muestreos de aves mediante el método de transecto lineal (Posadas et al., 2011) abarcando toda el área del ejido (Figura 1). Los muestreos se efectuaron en las cuatro estaciones del año, entre las 8:00 y 21:00 horas. Cada observación fue registrada, fotografiada y georreferenciada con un GPS Garmin Etrex 30. Para las capturas fotográficas se utilizaron dos cámaras Nikon Coolpix B500 y P1000. Posteriormente, los individuos fueron identificados con el apoyo de guías para la identificación de aves y clasificados de acuerdo con su categoría de residencia y riesgo según la NOM-059-SEMARNAT2010 (DOF, 2010).

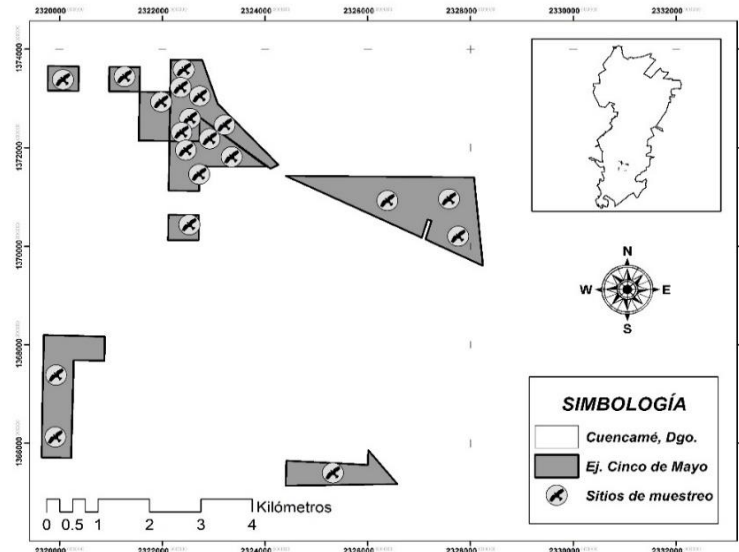


Figura 1. Sitios de observación de aves rapaces establecidos en el Ejido Cinco de Mayo, Cuencamé, Durango.

## Resultados y discusión

Durante el periodo de estudio, la comunidad de rapaces del Ejido Cinco de Mayo presentó 15 especies, de las cuales 8 pertenecen a la familia Accipitridae, 3 Falconidae, 2 Cathartidae, 1 a las familias Strigidae y Tytonidae. De las especies identificadas en este estudio, cinco se encuentran sujetas a protección especial, respecto a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Cuadro 1). La presencia de aves rapaces varió entre estaciones y áreas, lo cual se explica por la estructura del paisaje que presenta diversificación en los tipos de vegetación, por características estructurales del hábitat (altitud, disponibilidad de agua y cambios en el uso de suelo y vegetación) y por las diferencias que presentan los patrones de distribución y abundancia de las presas (Vázquez-Pérez et al., 2009). La selección de hábitat por aves rapaces está influenciada por la accesibilidad y abundancia de presas como roedores, aves pequeñas e insectos. Las aves tienen una estrecha relación con las características estructurales y florísticas de la vegetación cuando seleccionan el hábitat donde residir (Cody, 1985). El entorno de estudio se caracteriza por poseer áreas abiertas de pastizal y cuerpos de agua que les permiten tener mayores servicios de bienestar (agua, alimento y sitios de percha).



Cuadro 1. Registros de aves rapaces observadas en el Ejido Cinco de Mayo (San Ángel), Cuencamé, Durango.

Familia	Especie	Nombre común	Categoría de riesgo*
Accipitridae	<i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de cooper	Pr
	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Pr
	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	-
	<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Pr
	<i>Circus hudsonius</i>	Gavilán rastrero	-
	<i>Elanus leucurus</i>	Milano cola blanca	-
	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	Pr
	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla rojinegra	Pr
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	-
	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote cabeza negra	-
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Caracara quebratahuesos	-
	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	-
	<i>Falco columbarius</i>	Halcón esmerejón	-
Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	-
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	-

\*De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, Pr=Protección especial.

## Conclusiones

La diversidad de rapaces del Ejido Cinco de Mayo presentó 15 especies, pertenecientes a cinco familias y el 33 % de los registros están clasificadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM 059.

Estos resultados permiten contribuir con el conocimiento de las especies de aves rapaces al sur del Municipio de Cuencamé, Durango. La conservación y mantenimiento del área de estudio es fundamental para las rapaces de la región, pues actúa como un corredor biológico y provee condiciones óptimas para la diversidad de especies.



## Referencias

- Cody, M. L. (Ed.). (1985). *Habitat selection in birds*. Department of Biology, University of California at Los Angeles, Los Angeles, CA. Academic Press
- Diario Oficial de la Federación. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010
- Favela-Mesta, J., & Martínez-García, V. (2020). Riqueza y abundancia de rapaces diurnas del Cañón de Fernández, Lerdo, Durango. *Huitzil*, 21(1).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática). (2018). Descarga de mapas digitales de los temas uso de suelo y vegetación serie V, Red Hidrográfica y Unidades Climáticas de la República Mexicana. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/>
- Macías-Duarte, A., Montoya, A. B., Rodríguez-Salazar, J. R., Panjabi, A. O., Calderón-Domínguez, P. A., & Hunt, W. G. (2016). The imminent disappearance of the Aplomado Falcon from the Chihuahuan Desert. *Journal of Raptor Research*, 50(2), 211-216.
- Márquez, C., Bechard, M., Gast, F., & Vanegas, V. H. (2005). *Aves rapaces diurnas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá DC, Colombia.
- Posadas L., C., Chapa V., L., Arredondo M., J. T. y Huber S., E. (2011). Riqueza de especies de aves de pastizal evaluadas por dos métodos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2 (3), 101-111.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT- 2001, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. México, D. F. Diario Oficial de la Federación.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2010). Normales climatológicas, periodo 1981-2010. Información Climatológica del estado de Durango. Conagua. Méx.
- Vázquez-Pérez, J. R., Enríquez, P. L., & Rangel-Salazar, J. L. (2009). Diversidad de aves rapaces diurnas en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(1), 203-209.





## USO INTEGRAL DE MAGUEY (*Agave salmiana*) EN LA SOCIEDAD DE PRODUCCION "XAMINI" DEL CARDONAL HIDALGO

Aldo Uriel Quiterio-Maguey<sup>1</sup>, Miguel Angel Mata-Espinosa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; Km 40 Carretera Gómez Palacio, Durango. - Cd. Juárez, Chihuahua; CP 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. \*Autor de correspondencia: [mata@chapingo.uruz.edu.mx](mailto:mata@chapingo.uruz.edu.mx)

### INTRODUCCION

La Organización indígena de la etnia Hñahñu denominada "XAMINI SPR de RI" se ubica en la localidad de Durango, Daboxtha, Municipio de El Cardonal, Hidalgo. Se localiza al noroeste del estado de Hidalgo, entre los paralelos 20° 37" de latitud norte y 99° 07" longitud oeste, con una altitud de 2,040 m (INEGI, 2010). Las actividades productivas están ubicadas en tres eslabones: 1, producción primaria que implica la producción de planta de maguey y extracción de aguamiel; 2, transformación del aguamiel en miel de maguey y 3, comercialización de la miel de maguey, proceso que está en la etapa de consolidación.

**Organización de la sociedad.** La acreditación de la organización es con la denominación de: Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Ilimitada, "XAMINI SPR de RI" La Asamblea de socios es la máxima autoridad de la empresa; hay un Gerente general, quien a su vez dirige el área administrativa, de producción en campo, de producción en planta y de comercialización. Un Auxiliar administrativo, quien apoya al Gerente general. Certificadores de producción de campo, cuya función es supervisar las plantaciones de agave y las actividades del ciclo agrícola. Supervisores en planta de proceso de producción de miel, cuya función es la supervisión del proceso desde la cosecha de la materia prima, transformación y comercialización. Obreros de procesos, la actividad es supervisar la producción y el buen funcionamiento del equipo y controles que intervienen en el proceso. Comercializadores, la función principal es identificar canales de comercialización del producto, así como tener una programación de pedidos y en coordinación con los supervisores de planta y certificadores en campo, además de estar de forma continua ofertando la miel de maguey en tiempo y forma.

**Proceso de producción de maguey.** Los agaves o magueyes se consideran clave en las regiones áridas y semiáridas, tanto por su abundancia como por la cantidad de recursos que proporcionan a otros organismos, también han sido aprovechados como fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras, abono, construcción de viviendas, etc. Los agaves son plantas xerófitas, adaptados a vivir en condiciones climáticas desfavorables, con periodos largos de sequía y temperaturas altas, estas adaptaciones son hojas suculentas con cutículas gruesas, raíces superficiales, metabolismo MAC, etc. (García-Mendoza, 2007). El maguey pulquero (*Agave salmiana*) se reproduce en el altiplano mexicano, su cultivo y aprovechamiento se remontan a la época prehispánica, se adapta a condiciones climáticas difíciles y proporciona variedad de servicios ambientales (Nevárez-Suárez et al., 2016). *A. salmiana* se considera endémica de México, con poblaciones silvestres adyacentes a cultivos



en los estados de SLP e Hidalgo así como en las zonas semiáridas donde crecen junto con *Acacia* y *Opuntia*. Las formas cultivadas se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas de México, desde Coahuila hasta Oaxaca. Del *Agave salmiana* se aprovecha: aguamiel para elaborar pulque y mezcal, miel de maguey, hojas para barbacoa y cutícula para mixiotes, quiote horneado, inflorescencia (capullos) cocida o freída, gusanos de maguey, quiote seco para construcción, forraje para ganado confinado o en agostadero (García-Mendoza, 2007).

**Establecimiento de vivero.** El agave se puede propagar mediante semillas, hijuelos y/o bulbillos, éstos son brotes vegetativos que se generan en los pedúnculos florales, en el tallo y entre una hoja y otra (brote axial). En la región de El Cardonal, se utilizan los hijuelos que nacen desde los rizomas de la planta madre. Los hijuelos que se utilizan, provienen de la planta madre que se estableció en un vivero los cuales son arrancados cuando alcanzan una altura de 30 a 50 cm y transplantados en un lugar definitivo para su desarrollo y producción. Para el establecimiento del vivero, se inicia con la preparación del suelo lo cual consiste en aplicar un barbecho y surcado. Una vez hecho lo anterior se realiza el trazado de la plantación, el diseño de la plantación es en tresbolillo con una distancia entre plantas e hileras de 2 m (Figura 1). Enseguida se hace la plantación de la planta madre, que también proviene de hijuelos de otras parcelas. Con este diseño se obtiene una densidad de 2,500 plantas ha<sup>-1</sup>. En el vivero la planta madre produce hijuelos y una vez que éstos alcanzan una altura de 30 a 50 cm, lo cual se logra en un periodo de 3 a 4 años, se extraen (arranque) y se establecen en el terreno donde completarán su ciclo productivo; a la edad de 8 a 10 años comenzará la producción de aguamiel. De la misma forma, de los hijuelos producidos por cada planta madre son utilizados para reforestar o repoblar las plantaciones existentes o en dado caso para ampliar las superficies de plantación, si hay excedentes en la disponibilidad de hijuelos, éstos se comercializarán de forma local o regional.



Figura 1. Plantación de hijuelos de agave en vivero (Fuente: Propia; Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).



## Manejo del vivero

**Abonado y deshierbe.** El deshierbe consiste en eliminar la parte aérea de las malezas que crecen en las calles y alrededor de la planta, lo cual se hace mecánicamente con una motosegadora; una persona en una jornada puede deshierbar aproximadamente mil seiscientas plantas. Respecto al abonado, se considera que los requerimientos de abono orgánico de una planta de maguey en vivero son 20 kg planta<sup>-1</sup>, en esta actividad se aplica el abono de forma mateada tratando de que se cubra la zona radical para que pueda ser aprovechado mejor por la planta.

**Riegos de auxilio.** Dadas las características del hábitat del maguey pulquero, regiones de suelos pobres y de escasa precipitación pluvial, se hace necesario aplicar cuando menos dos riegos en la época más seca del año (diciembre y febrero), esto tiene la finalidad de que la planta no se estrese y detenga su crecimiento por déficit de agua.

## RECOLECCIÓN DE AGUAMIEL

Esta actividad consiste en la cosecha del aguamiel, actividad que empieza con la selección del agave maduro, observando que la planta llega a su madurez al engrosarse el meristemo, conocido también como corazón del Agave, localizado en el centro de la roseta de donde nacen las hojas (Figura 2). Se observa una hinchazón el cual indica que la formación de la inflorescencia gigante está próxima (8 a 10 años de edad). Posteriormente se hace el “capado” el cual consiste en cortar dos a cuatro hojas (pencas) para hacer un orificio (Figura 3) con una barreta (barra de hierro) y dejar libre el acceso para raspar y la recolectar el aguamiel (Figura 4).



Figuras 3, 4 y 5. Agave listo para aprovecharse, proceso de “capado” y agave en plena producción (Fuente: Propia; Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).

La recolección de aguamiel se realiza dos veces por día a las 06:00 y 17:00 horas, lo cual es una práctica ya generalizada en el valle del Cardonal. Esta actividad se realiza utilizando un “acocote” o bule como se observa en la Figura 6, y se lleva a cabo cada 30 días por un periodo de 3 meses. Después de la extracción se procede a raspar las paredes o parénquima del orificio para evitar la cicatrización de las paredes y continuar con la exudación. Para el raspado se utiliza una cuchara, y ya finalizado éste se procede a retirar los residuos, se vuelve a cubrir nuevamente el orificio del maguey con un trozo de hoja o lamina y una piedra.



Figura 6. Extracción de aguamiel y raspado del maguey (Fuente: Propia; Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).

La superficie que esta plantada con *Agave salmiana* es de 617.55 ha, la cual tiene una densidad promedio de 150 plantas por hectárea; de estas plantas, solamente un 10% alcanza la etapa de madurez para producir aguamiel cada año. La producción por planta es de 2.5L diarios los primeros 2 meses y el tercer mes 2.0 L. En total la producción promedio por planta es de 195 L. El aguamiel recolectado se coloca en garrafones de 20L para su traslado al área de proceso.

### **Produccion de miel de maguey**

**Recepción de la materia prima.** La materia prima es el aguamiel, los socios lo traen en garrafones de 20 L, en esta etapa las características que se evalúan son del tipo sensorial; que corresponde a el aroma, color, presencia de espuma y residuos que pudiera tener el aguamiel; estas características se han logrado determinar mediante un proceso de estandarización de los procesos que se exigen con la certificación.

**Primer filtrado.** El filtrado se realiza con una malla de tela o alambre con el fin de retirar las impurezas y residuos que hayan quedado posterior al raspado del maguey.

**Reacción enzimática.** Una vez en el recipiente de almacenamiento se deja reposar de 2 a 3 horas con la finalidad de que se lleve a cabo la reacción enzimática necesaria para desarrollar las características organolépticas propias de la miel de agave.

**Precalentado.** Esta operación se realiza para iniciar el proceso de cocción, la temperatura de precalentado es de 65 grados centígrados, se usa gas como combustible.

**Segundo filtrado.** Esta operación se realiza de forma especial para la eliminación de impurezas y de espuma que se genera al momento del precalentado como parte de la reacción del calentamiento.



**Evaporado al alto vacío.** La evaporación al alto vacío consiste en la aplicación de calor para la eliminación del agua contenida en el aguamiel y que se dé la concentración de los azúcares para la producción de miel. Se realiza en un intervalo de temperatura de 75 a 80 °C, hasta obtener una concentración de azúcares de 75 ° Brix (Figura 7).



Figura 7. Maquinaria y equipo para la fabricación de miel de maguey (Fuente: Propia; Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).

**Enfriado.** Una vez que el producto haya alcanzado los grados Brix requerido se procede a vaciarlos en tambos especiales para que se enfríe hasta llegar a los 45 °C para posteriormente envasarlos en botes de 200 litros, de 500 y 250 mL.

**Envaso y almacenado.** La miel de maguey tiene un alto contenido de fructuosa y es 1.4 veces más dulce que el azúcar (sacarosa) refinada de caña. Cabe señalar que por las altas concentraciones de azúcares no requiere almacenarse en refrigeración ya que la concentración alta de fructuosa y glucosa (azúcares) actúan como un agente inhibidor del desarrollo de microorganismos, por lo que se facilita su almacén y aproximadamente tiene tres años de tiempo de anaquel en un lugar limpio y fresco.



Figuras 8 y 9. Miel de maguey ya terminada y almacenamiento en contenedores de 200L (Fuente: Propia; Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).



**Comercialización.** La comercialización de la miel de maguey se lleva a cabo en presentación a granel en contenedores de 20 L de capacidad. Posteriormente se comercializará la miel de maguey en botellas de plástico en presentación de 500 y 250 mL de capacidad embaladas en cajas. En todo el proceso de producción se cumplen todas las normas sanitarias ya que una de las características que hacen el producto diferente es que sea 100% orgánico, por ello se cuida que desde la producción de maguey todo sea orgánico por lo tanto no se utilizan fertilizantes químicos y ningún otro agroquímico. El canal de comercialización es el siguiente: Quien produce e industrializa la miel de maguey es la SPR de RI "XAMINI"; la distribución se lleva a cabo por la Comercializadora "Nekutli" quien la ofrece en el mercado nacional e internacional.

### Aprovechamiento diversificado del maguey

**Alimento para rumiantes pequeños.** Se utiliza como alimento para el ganado, se cortan las pencas de maguey de forma manual, se complementa con melaza, maíz y zacate molidos; con esta ración se obtienen resultados positivos. Una ventaja importante es que se reduce el consumo de agua por los animales ya que el maguey tiene aproximadamente un 90% de ésta en sus pencas (Figuras 10 y 11).



Figuras 10 y 11. Picado de pencas de maguey y suministro a ovinos (Fuente: Propia; Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).

**Pencas para barbacoa.** Es importante indicar que hay escasez de pencas debido a su demanda alta por los barbacoayeros en la región, la demanda anual de plantas de maguey para pencas se estima en más de 100,000 (Figura 12). El precio con el intermediario es de 3-4 pesos y venta directa de 6-8 pesos; las pencas son de un tamaño de 1.3 m de largo, ancho de 25-35 cm.

**Leña y construcción.** Al secarse las pencas y el tronco del maguey, se utilizan como leña y construcción de viviendas (Figura 13).



Figuras 12 y 13. Pencas para barbacoa y construcción de viviendas ( Fuente: Propia, Durango, Daboxtha, El Cardonal, Hidalgo, 2022).

**Venta de hijuelos.** Cuando hay excedentes en la producción de hijuelos, se comercializan en la región. El tamaño para la venta es de 40-50 cm a un precio de 30-45 pesos.

### Conclusión

En la SPR de RL "XAMINI" el aprovechamiento diversificado del maguey pulquero (*Agave salmiana*) es una opción que contribuye al desarrollo económico local de las comunidades rurales donde se puede producir esta especie vegetal. El aprovechamiento y la industrialización de los subproductos del maguey genera una serie de ingresos económicos que hacen más rentable el sistema de producción, lo que hace que esta actividad sea un emprendimiento ambientalmente sostenible y financieramente adecuado.

### Referencias

- García-Mendoza, A. J. M. 2007. Los agaves de México. Ciencias. Julio-Septiembre. No. 87. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. Pp: 14-23.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Hidalgo 2017. Gobierno del estado de Hidalgo. 671 p.
- Nervárez-Suárez, A. U., Jiménez-Velázquez, M. A., Martínez-Saldaña, T., Cruz-Galindo, B. 2016. Maguey pulquero (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dyck): Opción para desarrollo rural. Agroproductividad. Vol. 9 Num. 10. Pp: 56-62.



## EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y PRODUCTIVA DE GERMOPLASMA DE NOPAL (*Opuntia* sp.) PARA DOBLE PROPOSITO

Miguel Ángel Mata-Espinosa<sup>1\*</sup>, David Hernández-Sánchez<sup>2</sup>, Mauricio Velázquez-Martínez<sup>3</sup>,  
Neiry Manuel Alvarado-Ruacho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; Km 40 Carretera Gómez Palacio, Durango - Cd. Juárez, Chihuahua; CP 35230. Bermejillo, Mapimí, Durango, México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Edo. México. CP 56230. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis-Matehuala. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78430. \*Autor de correspondencia: [mata@chapingo.uruz.edu.mx](mailto:mata@chapingo.uruz.edu.mx)

### Introducción

En las regiones áridas y semiáridas, la escasez de alimento para el ganado es recurrente, en especial durante la época más seca (primavera) e inicios de verano (Valdez et al., 2012). Durante este periodo, el ganado criado en condiciones extensivas, solo dispone del alimento que se produce en el agostadero; dentro de éstos se encuentra el nopal (*Opuntia* spp), el cual frecuentemente constituye la única fuente de alimento durante este periodo. Debido a que esta especie carece de valor nutricional alto, mezclándolo con otros ingredientes puede ayudar a satisfacer los requerimientos alimenticios del ganado que lo consume (Gámez-Aguilar et al., 2011). Los estudios sobre nutrición de rumiantes, han demostrado que es factible el uso de esta especie como forraje en la ración de estos animales, ya sea de forma directa, mezclándolo o fermentándolo para aumentar su contenido de nutrientes (Flores et al., 2018 y 2019). Sin embargo, hay información escasa sobre el uso de este recurso forrajero utilizando materiales genéticos endémicos de las regiones áridas de México (Quero et al., 2012). Por lo anterior, es necesario evaluar germoplasma de nopal que los productores producen y utilizan en el mismo sitio donde desarrollan la ganadería. De esta forma se obtendrán los mejores materiales con potencial forrajero y, además, adaptados a las condiciones climáticas extremas de las zonas áridas.

### Materiales y métodos

**Ubicación del experimento.** Las parcelas experimentales se establecerán en el Rancho El Carmen, propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en Bermejillo, Durango que se localiza en las coordenadas geográficas 103° 36' 11" de longitud Oeste y entre los 25° 53' 32" de latitud Norte con 1,117 metros de altitud. La clasificación del suelo corresponde a un yermosol gypico de textura media, presenta un clima tipo árido y desértico de clasificación BWhw con lluvias en verano, una temperatura media anual de 21 °C con precipitación de 300 mm (INEGI, 2009).

**Recolección de germoplasma de nopal.** Se llevó a cabo una recolección de germoplasma de nopal en diferentes localidades, del norte de México (Cuadro 1).





Cuadro 1. Localidades donde se realizó la primera fase de la recolecta.

Estado	Municipio	Localidad	Sitios
San Luis Potosí	Soledad de Graciano Sánchez	Soledad de Graciano Sánchez	2
San Luis Potosí	Cerritos	Cerritos	2

**Manejo del material recolectado.** De cada sitio se colectaron 20 cladodios, los cuales se cortaron con una navaja. Los cladodios se desinfectaron con el uso de caldo bordelés. Después se secaron al sol por ambos lados y se colocarán en cajas de madera para su transporte a la Bermejillo, Durango.

**Establecimiento de parcelas de conservación *ex situ*.** Para establecer las parcelas de conservación y evaluación del material colectado, se utilizó una superficie de 0.30 ha (3,000 m<sup>2</sup>). Para preparar el terreno, se llevó a cabo el paso de arado subsoleador, en seguida se aplicó un doble rastreo para desmenuzar los terrones formados y luego se realizó la nivelación del área. Una vez nivelado se levantaron bordos para llevar a cabo un buen riego por gravedad. Para llevar a cabo la plantación, se hizo el trazo del área utilizando un diseño en marco real de 5x5m (distancia entre hileras y entre plantas). Para hacer las perforaciones se utilizó una pala recta y talache. La plantación se llevó a cabo en seco, se colocó el cladodio con orientación de las caras este-oeste para una exposición mayor a la radiación solar. La profundidad de plantación fue tal que quedó cubierto 2/3 del cladodio con tierra. Finalmente se aplicó un riego por gravedad para proporcionar la humedad suficiente y se iniciara el desarrollo y crecimiento de la raíz.

**Manejo de la plantación.** Se aplicó un riego por gravedad para promover el desarrollo de raíces. Posteriormente se colocó un sistema de riego con el uso de manguera de polietileno de 16 mm con aspersores cada 5 m; las mangueras fueron conectadas a la red principal de conducción de agua. El riego se aplicó cada mes y se realizó un monitoreo semanal para detectar problemas posibles de incidencia de plagas o enfermedades y su tratamiento respectivo. El control de malezas fue hecho de forma mecánica (rastra) y manual (azadón) cada mes. Hasta la fecha no se ha realizado la aplicación de ningún tipo de fertilizante químico u orgánico. No se llevó a cabo ninguna estrategia para el control de roedores.

**Variables a evaluar.** Durante la recolección de especies y establecimiento de la plantación (Fase 1; Colecta Base), se evaluó el establecimiento y producción de rebrotes, lo anterior con el objetivo de reducir rápidamente el número de genotipos a evaluar en la Fase 2 (Colecta núcleo). La colecta base (fase uno), se incrementa los primeros dos años se evalúa rápidamente la morfología forrajera a nivel macro, pudiéndose evaluar componentes de rendimiento y, en caso de que exista suficiente muestra de forraje se realiza algún análisis de calidad, considerando siempre que deben de estar en las mismas condiciones de ambiente (edad, edad de rebrote, fertilización, riego/temporal, etc.) (Quero et al., 2012).



**Análisis de la información.** Con la información obtenida, solo se llevó a cabo un análisis de tendencia de los datos debido a la plantación se encuentra en la primera fase, que es el establecimiento. Este análisis descriptivo de la información se llevó a cabo utilizando una hoja de Excel de Microsoft®. Las variables que analizadas fueron, establecimiento, rebrote y número de cladodios producidos por planta.

## Resultados y discusión

Previo al establecimiento de la plantación de cladodios, se llevó a cabo un muestreo y análisis de suelo. Los resultados se muestran en el Cuadro 2. Se puede apreciar que el suelo del área de la plantación presenta un pH alcalino y una conductividad eléctrica también alta; características típicas de los suelos de la región. Sin embargo, estas características son propias de las regiones áridas del norte de México.

Cuadro 2. Análisis de suelo del área de la plantación.

Variable	Muestra suelo
pH	8.32
Densidad Aparente, g cm <sup>-3</sup>	1.11
Textura	Franco
Fósforo disponible (P), ppm	12.02
Nitratos de Nitrógeno(N-NO <sub>3</sub> ), ppm	50.71
Carbonatos totales (CaCO <sub>3</sub> ), %	9.68
Conductividad Eléctrica mS cm <sup>-1</sup>	3.91
Suma de Cationes Solubles, meq L <sup>-1</sup>	38.50
Suma de Aniones Solubles, meq L <sup>-1</sup>	37.53

Con relación al agua para riego, se realizó también un muestreo para conocer sus componentes químicos (Cuadro 3). El resultado muestra que el agua tiene un pH ligeramente alcalino y una concentración alta de sulfatos y bicarbonatos; estas características son propias de aguas duras por su concentración de sales alta.



Cuadro 3. Análisis del agua para riego.

Variable	Muestra de agua
pH	7.33
Conductividad Eléctrica, mS cm <sup>-1</sup>	2.01
Porcentaje de sodio intercambiable, %	0.57
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	58.19
Fósforo de fosfatos, ppm	0.4
Fosfato diácido, H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ppm	1.25
Sulfatos, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ppm	628.03
Bicarbonatos, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	170.83
Cloruros, Cl <sup>-</sup> ppm	85.08
Sodio, Na <sup>+</sup> ppm	161
Potasio, K <sup>+</sup>	12
Calcio, Ca <sup>+2</sup>	182
Magnesio, Mg <sup>+2</sup>	48

La plantación de los cladodios se llevó a cabo el día 5 de mayo del 2022 (6 meses de edad), se establecieron considerando un diseño en marco real de 5x5m. Se plantaron 7 materiales diferentes (Cuadro 4). Los materiales que tuvieron un 100% de establecimiento fueron: Amarillo bola, Rojo liso, Reyna y Criollo liso; Cristalina tuvo el menor establecimiento (89.5%); mientras que Criollo liso1 y Blanca burrona tuvieron un 95%. En general, el promedio para esta variable fue de 97%. Los problemas que se observaron en los cladodios plantados y que afectó esta variable, fue daños por roedores y pudrición del cladodio. Con relación a los rebrotes que tuvieron cada uno de los materiales plantados; Amarillo bola, Blanca burrona y Rojo tuvieron un 100%; Criollo liso1, Cristalina y Blanca burrona presentaron un 95%. Solamente la variedad Reyna presentó un rebrote menor al 90% (89.47%). El promedio general para esta variable fue de 96%. El rebrote también pudo haber sido influenciado por daños por roedores. Finalmente se analizó el número de cladodios por planta; el material que tuvo la cantidad mayor fue la Rojo liso con un promedio de 6; enseguida Amarillo bola, Cristalina, Blanca burrona tuvieron un promedio de 3 y finalmente Reyna y Criollo liso con 2 pencas por cladodio plantado en promedio. El promedio general para el número de cladodios por plantas fue de 3.27.

Cuadro 4. Material plantado.

No.	Nombre del material	Cladodios plantados	Establecimiento, %	Rebote, %	Número de cladodios/planta
1	Criollo liso1	19	94.74	94.44	2.22
2	Amarillo bola	19	100.00	100.00	3.11
3	Cristalina	19	89.47	94.12	3.88
4	Blanca burrona	19	94.74	100.00	3.11
5	Rojo liso	19	100.00	100.00	6.42
6	Reyna	19	100.00	89.47	2.47
7	Criollo liso2	19	100.00	94.74	1.68
		Promedio	96.99	96.11	3.27



## Conclusiones

El material vegetal probado que tuvo mejor comportamiento al establecimiento y producción de cladodios, fue la variedad Rojo liso y la que tuvo un comportamiento menor fue la variedad Criollo liso2. Las demás variedades tuvieron un comportamiento intermedio. Considerando estos resultados se puede afirmar que la variedad Rojo liso tuvo mayor adaptación a suelos con pH alto y agua con pH ligeramente alcalino y concentración de sulfatos y bicarbonatos alta. Se recomienda dar seguimiento a la plantación establecida y determinar variables de rendimiento de biomasa y calidad forrajera de la misma.

## Referencias

- Flores-Hernández, A., Macías-Rodríguez, F. J., García-Herrera, G., Esquivel-Arriaga, O., Meza-Herrera, C. A., Paleta-Ochoa, A., Romero-Rodríguez, C. A. 2018. Validación de la tecnología de enriquecimiento proteico de nopal (*Opuntia* spp) en el centro norte de México. *Ciencia e Innovación* 1(2): 363-370.
- Flores-Hernández, A., Macías-Rodríguez, F. J., Meza-Herrera, C., García-Herrera, G., Esquivel-Arriaga, O., Salazar-Ortiz, J., Hernández-Bautista, C. 2019. Fermentación semisólida de nopal (*Opuntia* spp) para su uso como complemento proteico animal. [dx.doi.org/10.5154/r.rga.2019.63.04](https://doi.org/10.5154/r.rga.2019.63.04)
- Gámez-Aguilar, M. N., Flores-Hernández, A., Mata-Espinosa, M. A., Hernández-Ibarra, G., Rodríguez-Salas, G. 2011. Fermentación semisólida de nopal forrajero (*Opuntia* spp). *In: X Simposium-Taller Nacional y III Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey"*. UANL, Nuevo León, México., Noviembre 11-12. Pp 145-151.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Mapimí, Durango. Clave geoestadística 10013.
- Quero, C. A. R., Villanueva, A. J. F., Morales, N. C. R., Enríquez, Q. J. F., Bolaños, A. E. D., Castillo, H. J., Maldonado, M. J. J., Herrera, C. F. 2012. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. Folleto Técnico No. 22. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP, Santiago Ixcuintla, Nayarit. 41 p.
- Valdez, C. R., Márquez, M. M., Blanco, M. F., Vázquez, A. R. y Santos, H. J. 2012. Atributos forrajeros del maguey. *Revista salud pública y nutrición*, 4: 129-138.



## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MARCO LÓGICO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL MEZQUITE (*Prosopis spp.*) EN ZONAS ÁRIDAS DE DURANGO

Lizbeth Jurado-Jiménez<sup>1</sup>, Guadalupe Benavides-García<sup>1\*</sup>, Ariana Godines-Fernández<sup>1</sup>,  
Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH. Apartado Postal No. 8 Bermejillo, Dgo., C. P. 35230. México. \*Autor de correspondencia: benavidesg.guadalupe21@gmail.com

### Introducción

El mezquite (*Prosopis spp.*) es un recurso biótico natural con amplia distribución geográfica y ecológica en zonas áridas mexicanas. Para las etnias nómadas fue y sigue siendo muy útil. Lo utilizan como fuente de alimento, combustible y uso medicinal. En la actualidad se le considera con potencial como forraje, material de construcción y combustible; sus comunidades proporcionan sitios para recreación humana, refugio de fauna silvestre, fuente de néctar para abejas y otros insectos, es importante también en la retención del suelo, ya que previene el proceso de desertificación (Sauceda et al., 2014).

Gran parte de la superficie del norte de México se encuentra cubierta de una vegetación predominantemente arbustiva y arbórea. La Secretaría Forestal y de la Fauna (SFF) informó en 1980 la existencia de aproximadamente 130 millones de hectáreas de matorral desértico micrófilo en las cuales las leguminosas forestales como el mezquite (*Prosopis spp.*) se desarrollan formando importantes asociaciones específicamente la región de la Comarca Lagunera; el Bolsón de Mapimí forma por sí mismo la parte más grande y desértica; su flora y fauna son escasas así como la precipitación pluvial es mínima, siendo así que los grupos humanos que habitaron este lugar lograron adaptarse a él y extraerle recursos para vivir (Valdés, 1995). Actualmente el mezquite (*Prosopis spp.*) ha constituido un recurso valioso para los habitantes de zonas áridas, quienes encontraron en él múltiples beneficios, ya que todas las partes de la planta son susceptibles de ser utilizadas (CONAZA, 1994).

La importancia ecológica del mezquite es indiscutible; ya que juega un papel muy importante en el medio ambiente, pues funge como planta fijadora de nitrógeno, enriquece el suelo a su alrededor, promueve el crecimiento de matorrales asociados a ella por lo tanto previene la erosión del suelo; así mismo actúa como planta nodriza de numerosas especies de aves y roedores, por otro lado, esta planta se emplea en la obtención de madera, leña, carbón, miel; sus frutos (vainas) se utilizan en la elaboración de diversos alimentos para consumo humano y como forraje (Golubov et al., 2001) teniendo así una relación fundamental entre los factores bióticos y abióticos, medio ambiente y productividad de especies vegetales, por lo cual el presente trabajo se añade en el ODS #15 (Objetivo de Desarrollo Sostenible de la ONU) hacia la conservación y aprovechamiento de la vida de los ecosistemas terrestres, aplicándolo en el sector productivo y social, al descartar la vocación productiva de una especie de gran relevancia en la zona de influencia de las zonas áridas de Durango.



La Metodología de Marco Lógico (MML) es una herramienta utilizada para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de problemáticas, su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios, facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas (Sánchez, 2017); en este caso brinda un mayor panorama de la problemática analizada y así proponer un manejo sustentable del mezquite y hacia el aporte al ODS #15; por ende el objetivo principal de este trabajo fue integrar un árbol de problemas, de objetivos y generar una matriz de marco lógico con base a la problemática referida sobre manejo y aprovechamiento del mezquite.

## **Materiales y métodos**

El estudio es de tipo exploratorio-descriptivo, el cual se llevó a cabo en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, teniendo como base las zonas áridas y semiáridas del estado de Durango, con una delimitación proximal de acuerdo con las cartas digitales del INEGI (2022). En particular, como objetivo de estudio se utilizó el mezquite (*Prosopis spp.*) como recurso natural renovable, dado su amplia distribución y representatividad de la zona, al poseer un gran potencial de aprovechamiento, sin embargo, está sujeto a una disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida gradual de su hábitat por influencia de las actividades humanas (CONABIO, 2017).

Se utilizó la MML para integrar un árbol de problemas, de objetivos y una matriz (Aldunate & Córdoba, 2011) con base al problema referido a la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de *Prosopis spp.* La MML corresponde a un método orientado a la solución de problemas específicos, a través del cual se analizó ampliamente la problemática de la especie, referida en las zonas áridas de Durango con apoyo de referencias bibliográficas y opinión de expertos, para posteriormente identificar los principales causantes. Posteriormente, se plantearon algunos objetivos respectivos para contrarrestar dichos problemas.

Se analizaron las relaciones medios-fines, y las causas del problema que propiciaron la formulación de los objetivos; las consecuencias se convirtieron en fines dando origen a la construcción de indicadores de efecto, impacto o de desarrollo de la problemática planteada. Finalmente se creó una Matriz de la MML.

## **Resultados y discusión**

La Figura 1, describe el árbol de problemas planteado. A partir del manejo y uso inadecuado en el aprovechamiento del mezquite (*Prosopis spp.*), se derivaron tres razones y las respectivas causas. Las causas del problema fueron: la falta de conocimiento de la especie dentro del ecosistema, la falta de normatividad que regule su explotación y el bajo potencial de su reproducción. Estos problemas se derivan de la falta de divulgación, el poco conocimiento de la importancia de la especie y el ambiente poco favorable en el que se desarrolla el mezquite, respectivamente.

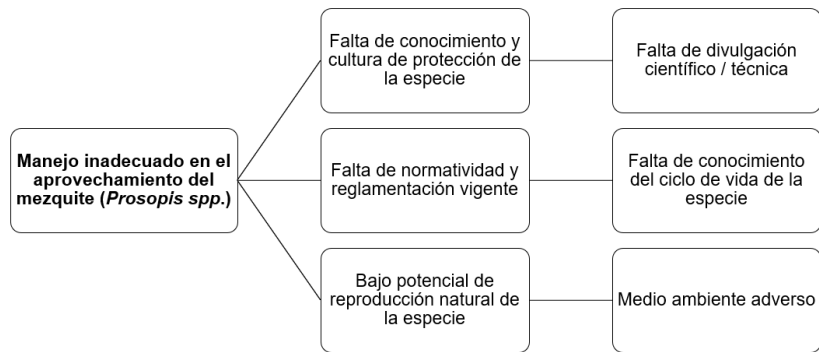


Figura 1. Desglose analítico del problema.

Posteriormente, a partir del árbol de problemas se derivó un árbol de objetivos en donde se plantearon posibles soluciones para afrontar dicha problemática (Figura 2). En cuanto a la falta de conocimiento se puede llevar a cabo una mayor divulgación en comunidades científicas, técnicas y rurales que contribuyan a dar a conocer la importancia de la especie. Además, se pueden promover campañas de reforestación y algún posible trabajo sobre mejoramiento genético, con el fin de aumentar su proceso natural regenerativo. La falta de normatividad y reglamentación vigente en el manejo del mezquite puede tener solución con la actualización de políticas, aplicación de la normatividad vigente en materia de aprovechamiento y la promoción en la divulgación de la reglamentación con los responsables del beneficio del recurso. Estas soluciones planteadas pueden promover un manejo sustentable del mezquite.

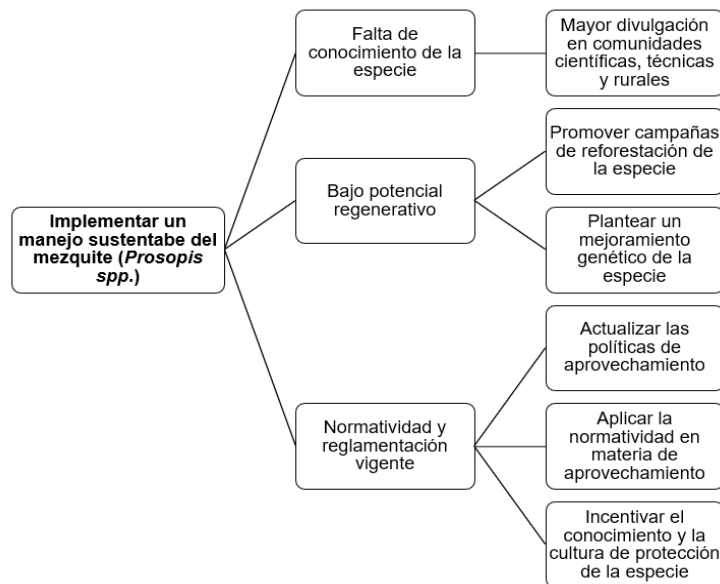


Figura 2. Desglose analítico de objetivos.



Finalmente, se construyó la matriz de la MML con el fin y propósito de contrarrestar la problemática planteada, indicado igualmente los objetivos, actividades, así como los indicadores, metas y medios de verificación necesarios para monitorear las actividades señaladas (Cuadro 1). Algunas instituciones como la SEMARNAT, SADER, CONAFOR, CONAZA, PROFEPA, CONABIO, INIFAP o CONANP pueden ser las encargadas de operar las acciones estratégicas, así como alinear sus programas encaminados al desarrollo e implantación de un aprovechamiento del recurso natural. Las instituciones del área de influencia de las zonas áridas y semiáridas del estado de Durango pueden ser las encargadas de realizar los estudios y proyectos de investigación en materia del recurso biótico referido.

Cuadro 1. Matriz de Marco Lógico.

Estructura	Objetivos	Nombre del indicador	Meta	Medios de verificación
Fin	Garantizar el buen manejo y aprovechamiento sustentable del mezquite ( <i>Prosopis spp.</i> ).			
Propósito	Instrumentar acciones para la obtención de un adecuado manejo y aprovechamiento del mezquite ( <i>Prosopis spp.</i> ).			
Objetivos	Obtener una mayor divulgación en comunidades científicas, técnicas y rurales.	Número de contribuciones científicas / técnicas en foros o reuniones.	Incrementar la difusión del manejo de la especie.	Publicaciones científicas / técnicas.
	Plantear un mejoramiento genético de la especie para incrementar su capacidad de regeneración natural.	Número de programas de mejoramiento genético implementados.	Programas con énfasis en el mejoramiento genético de la especie.	Avance de cada programa en particular.
	Aplicar la normatividad en materia de manejo y aprovechamiento de la especie.	Superficie incorporada a un buen manejo del recurso bajo la normatividad.	Incremento anual en ha.	Reporte de superficie bajo manejo sustentable.
Actividades	Impartir conferencias en materia de manejo y aprovechamiento de mezquite.	Número de conferencias hacia la conservación de la especie.	Cursos en escuelas e instituciones de educación superior.	Convenios y programas de educación.
	Promover la impartición de campañas de reforestación del mezquite.	Número de campañas de reforestación.	Cursos con productores y ejidatarios.	Convenios y programas de extensionismo.
	Generar experimentación en mejoramiento genético del mezquite	Número de artículos científicos, técnicos, folletos o libros.	Experimentos de impacto social / productivo.	Publicaciones científicas / técnicas.
	Actualizar las políticas de aprovechamiento de la especie	Implantación de nuevas normas o leyes.	Normatividad / Reglamentación.	Publicación de normas o leyes.
	Aplicar la normatividad en materia de aprovechamiento.	Número de denuncias.	Erradicar el mal manejo del recurso.	Reportes en instituciones de protección de la flora.
	Incentivar el conocimiento y la cultura de protección de la especie.	Número de pláticas o charlas sobre normatividad de la especie.	Normatividad / Reglamentación.	Difusión de normatividad.





## Conclusiones

A través de la matriz de marco lógico se integró un árbol de problemas, objetivos y una matriz de marco lógico con base a los problemas referidos del aprovechamiento de *Prosopis spp.*; esto puede contribuir a la generación de alternativas para resolver dichas problemáticas sobre el inadecuado manejo y aprovechamiento de la especie.

## Referencias

- Aldunate, E., & Córdoba, J. (2011). *Formulación de programas con la Metodología de Marco Lógico*. CEPAL.
- CONABIO. (2017). *La biodiversidad en Durango: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- CONAZA. (1994). *De mezquite tala montes sin permiso están causando un daño ecológico severo al campo de la laguna*. no.120. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/449655/mezquite>
- Golubov, J., M. C. Mandujano y L. E. Eguiarte. (2001). La paradoja de los mezquites (*Prosopis spp.*): ¿Especies invasoras o potenciadoras de la biodiversidad?. *Bol. Soc. Bot. (México)* 69: 23-30.
- INEGI. (2022). Descarga de mapas digitales de los temas límites estatales y uso de suelo y vegetación de la República Mexicana. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Sánchez, N. (2007). El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos. *Visión gerencial*, (2), 328-343.
- Sauceda, E. N. R., Martínez, G. E. R., Valverde, B. R., Ruiz, R. M., Hermida, M. D. L. C. C., Torres, S. M. M. y Ruiz, H. H. P. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. y Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*, 10(3), 173-193.
- Valdés, C. M. (1995). *La gente del mezquite. Los nómadas del noreste en la colonia*. México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.



## APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DEL GUAYULE (*Parthenium argentatum*) EN ZONAS ÁRIDAS DE DURANGO: USO DE LA METODOLOGÍA DE MARCO LÓGICO

José Antonio Miranda-Rojas<sup>1</sup>, Ramon Reyes-Urias<sup>1\*</sup>, Yuridia Cortés-Ortíz<sup>1</sup>, Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. CP. 35230. \*Autor de correspondencia: ramonrayes840@gmail.com

### Introducción

El marco lógico (desarrollado en 1969 por la USAID), es una herramienta de trabajo con la cual un evaluador puede examinar el desempeño de alguna problemática en todas sus etapas. Por lo cual permite presentar de manera lógica y sistemática los objetivos de un programa de solución y sus relaciones de causalidad. La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), en 1999, lo define como “la herramienta analítica para la planificación y gestión de proyectos orientada por objetivos. Constituye un método con distintos pasos que van desde la identificación hasta la formulación y su resultado final debe ser la elaboración de una matriz de planificación del proyecto” (Ortegón et al., 2005).

La explotación de guayule (*Parthenium argentatum*) se ha centrado en la producción de caucho, pero aun no ha podido competir de manera comercial, ya que algunos otros subproductos de este no se han considerado para su explotación (Latorre et al., 2022). Se ha presentado como una alternativa innovadora de asfalto de base biológica, donde el caucho de neumáticos molidos se utilizó como potenciador del asfalto y el guayule tenía el potencial de reemplazar al convencional para compensar o superar el rendimiento requerido parcial o incluso totalmente en grados específicos (Hemida, 2022).

Este estudio se alinea con el ODS #15 Vida de ecosistemas terrestres, el cual es uno de los acuñados por la ONU en la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2018); en este objetivo se perfila el prevenir, detener y revertir la degradación de los ecosistemas de todo el mundo, a través de la década para la restauración de los ecosistemas. Este trabajo tuvo como objetivo el integrar un árbol de problemas, de objetivos y una matriz de marco lógico con base a un problema referido sobre el manejo y aprovechamiento del guayule en las zonas áridas del estado de Durango.

### Materiales y métodos

El estudio es de tipo exploratorio-descriptivo, el cual se llevó a cabo en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, teniendo como base las zonas áridas del estado de Durango, con una delimitación proximal de acuerdo con las cartas digitales del INEGI (2022). En particular, como objetivo de estudio se utilizó el guayule (*Parthenium argentatum*) como recurso natural renovable que en los últimos años se ha disminuido su área de distribución natural a causa de las actividades de recolección de la especie (CONABIO, 2017).



Se utilizó la Metodología de Marco Lógico (MML) para integrar un árbol de problemas, de objetivos y una matriz (Aldunate & Córdoba, 2011) con base al problema referido a la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de *P. argentatum*. La MML corresponde a un método orientado a la solución de problemas específicos, a través del cual se analizó ampliamente la problemática de la especie referida en las zonas áridas de Durango con apoyo de referencias bibliográficas y opinión de expertos, para posteriormente identificar los principales causantes y plantear algunos objetivos pertinentes para contrarrestar dichos problemas.

Aunado a esto, se analizaron las relaciones medios-fines y las causas del problema que propiciaron la formulación de los objetivos; las consecuencias se convirtieron en fines dando origen a la construcción de indicadores de efecto, impacto o desarrollo de la problemática planteada. Finalmente se creó una Matriz de la MML.

## Resultados y discusión

En la Figura 1 se describe el árbol del problema detectado, identificándose tres principales causas referentes al inadecuado uso y aprovechamiento del guayule. Se destacó que el conocimiento y cultura sobre la protección de la especie, la ausencia de normativa actualizada y su bajo potencial de propagación desencadenan la problemática descrita.

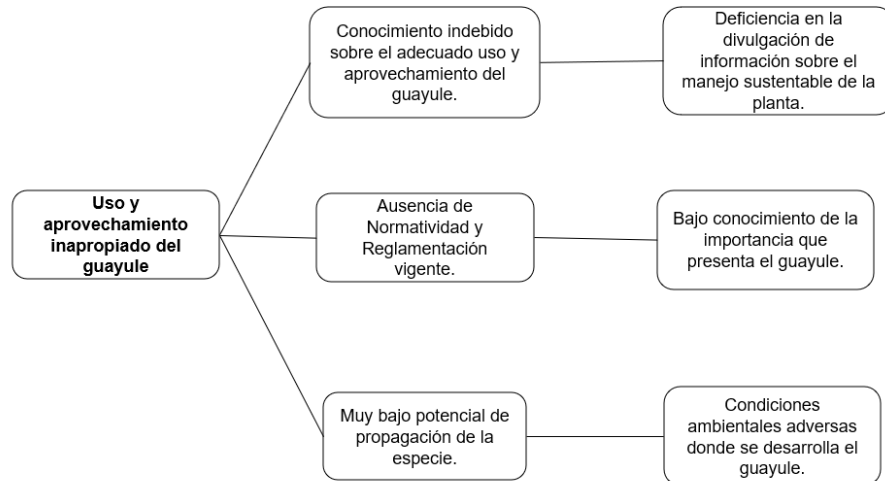


Figura 1. Árbol de problemas sobre el uso y aprovechamiento inapropiado de *P. argentatum*.

Seguido de esto, se realizó el árbol de objetivos (Figura 2) donde se plantean posibles soluciones para contrarrestar los causantes que dan origen al problema. Se destacó la posibilidad de realizar una mayor divulgación científica / técnica sobre la biología de la especie y su apropiación por los manejadores del recurso natural, la promoción y aplicabilidad de la normas y reglamentos en materia de conservación, además de propiciar el incremento de investigaciones dirigidas al mejoramiento en la propagación de la planta en el hábitat donde se desarrolla la especie estudiada.

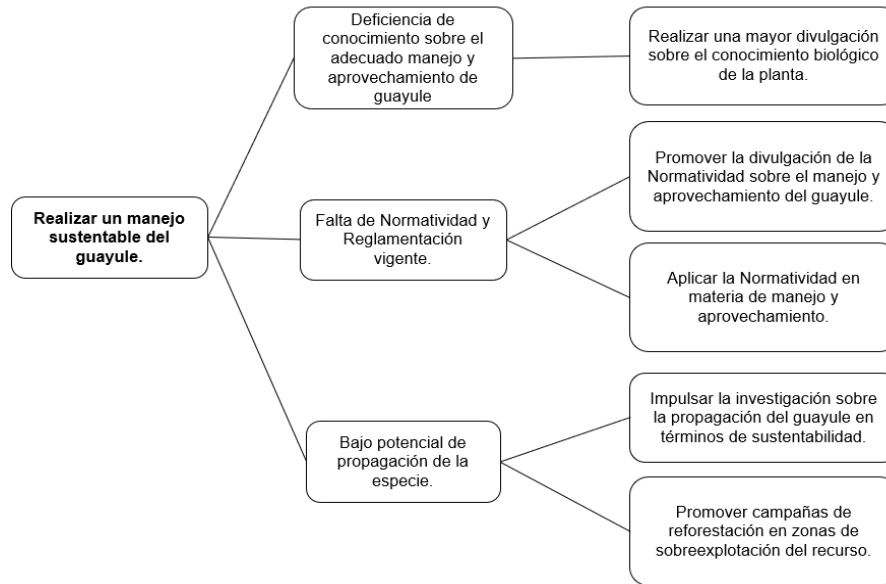


Figura 2. Árbol de objetivos sobre el uso y aprovechamiento inapropiado de *P. argentatum*.

A partir de la MML, se construyó una matriz de Marco Lógico que, para efectos de su evaluación, se ordenan los distintos niveles de objetivos del programa con sus respectivos indicadores que se muestra en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Matriz de Marco Lógico.

Estructura	Objetivos	Nombre del indicador	Meta	Medios de verificación
Fin	Asegurar un buen manejo y aprovechamiento de <i>P. argentatum</i> .			
Propósito	Aplicar acciones para la promoción de un adecuado manejo y aprovechamiento del guayule ( <i>P. argentatum</i> ).			
Objetivos	Realizar una mayor divulgación en comunidades científicas sobre el aprovechamiento sustentable de la especie.	Número de contribuciones científicas / técnicas en foros o reuniones.	Incrementar la difusión del manejo de la especie.	Publicaciones científicas y técnicas.
	Promover campañas de reforestación.	Número de campañas de reforestación.	Cursos de reforestación con productores y ejidatarios.	Programas de extensionismo.
	Impulsar la propagación de la especie.	Número de programas de propagación.	Programas dirigidos a la propagación de la especie.	Reporte de cada programa.
Actividades	Aplicar la normatividad para el aprovechamiento sustentable de <i>P. argentatum</i> .	Superficie incorporada a un manejo adecuado del recurso bajo la normatividad.	Incremento anual de la superficie.	Reportes de superficie bajo un manejo sustentable.
	Compartir conferencias de conservación del guayule.	Número de conferencias sobre la conservación de la especie.	Cursos en instituciones educativas.	Programas de educación.
	Impartir campañas de reforestación del guayule.	Número de campañas de reforestación.	Cursos con productores y ejidatarios.	Programas de extensionismo.
	Promover la experimentación del guayule.	Número de productos científicos o técnicos.	Experimentos de impacto social / productivo.	Publicaciones.
	Conocer la normatividad vigente en materia de aprovechamiento del guayule.	Número de pláticas sobre normatividad.	Normas y Reglamentos.	Normas publicadas.



## Conclusiones

A través de la matriz de marco lógico se integró un árbol de problemas y un árbol de objetivos en base a los problemas de manejo y aprovechamiento que se tienen con el guayule en las zonas áridas del estado de Durango, además de una matriz de marco lógico para su difusión y destacar la importancia que presenta este recurso biótico para la industria del caucho.

## Referencias

- Aldunate, E., & Córdoba, J. (2011). *Formulación de programas con la Metodología de Marco Lógico*. CEPAL.
- CONABIO. (2017). *La biodiversidad en Durango: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- INEGI. (2022). Descarga de mapas digitales de los temas límites estatales y uso de suelo y vegetación de la República Mexicana. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Hemida, A. (2022). *Enfoque innovador para utilizar la resina de guayule como una alternativa de asfalto de base biológica. Tesis para: Doctor en Filosofía (Ph.D.) en Ingeniería Civil*. [https://www.researchgate.net/publication/330290325\\_A\\_Threshold\\_to\\_Utilize\\_Guayule\\_Resin\\_a\\_s\\_a\\_New\\_Binder\\_in\\_Flexible\\_Pavement\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/330290325_A_Threshold_to_Utilize_Guayule_Resin_a_s_a_New_Binder_in_Flexible_Pavement_Industry)
- Latorre, G., García, M., Carmona, M., García, M., Zalacain, A. & Sánchez, R. (2022). Mejora de la extracción de guayulinas de tallos de guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray). ELSEVIER.
- Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Obtenido de Naciones Unidas CEPAL. Recuperado de: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf)



## DESCRIPCIÓN DE CLIMAS Y DISTRIBUCIÓN DE POBLACIONES NATIVAS DE NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*) EN MÉXICO

Alondra Gisela Campos-Villarreal<sup>1,2</sup>, José Juan Escobar-Pedraza<sup>3</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>1</sup>, Jesús Guadalupe Arreola-Ávila<sup>2\*</sup>, Urbano Nava-Camberos<sup>1,4</sup> y María Cristina García-de la Peña<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad S/N, Fracc. Filadelfia, 35010, Gómez Palacio, Dgo. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez, km 40. C. P. 35230. Bermejillo, Durango, México. <sup>3</sup>Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro de Apoyo al Desarrollo Rural Lerdo. Calle 14, col. Centro, 35150, Lerdo, Durango. <sup>4</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 35, S/N, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. \*Autor de correspondencia: arreolavila@gmail.com

### Introducción

El nogal pecanero es un cultivo de gran importancia económica en México, ya que su fruto, la nuez tiene un alto valor nutricional y beneficios sustanciales para la salud (Huang et al., 2019; Manaster, 1994). Es nativo de Estados Unidos y México, con una distribución desde el valle del río Mississippi en Estados Unidos de América hasta el sur del estado de Oaxaca en México, teniendo el mismo patrón de distribución de otras especies del género *Carya* que no fueron introducidas por el hombre (Chaney et al., 2015; Manaster, 1994; Reyes, N.; Urrea, 2016; Thompson & Grauke, 1991). En México se han encontrado poblaciones en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Querétaro, San Luis Potosí, Chihuahua, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco y Oaxaca (Brison, 1974; Huang et al., 2019; Manaster, 1994; Reyes, N.; Urrea, 2016; Thompson & Young, 1985). Los árboles de estas poblaciones suelen ser más resistentes a los cambios extremos de clima y aunque tienen un alto consumo de agua, si ésta se encuentra en exceso o hay inundaciones prolongadas o exceso de lluvias se puede dañar la floración o la producción de nuez. También es común que la morfología de la planta varíe de acuerdo a la región donde se encuentra. Los árboles nativos tienen su hábitat en las áreas ribereñas, donde se ven favorecidas por la disponibilidad de agua (Manaster, 1994). En la presente investigación se estableció como objetivo describir los tipos de clima en 10 sitios distribuidos en la República Mexicana en donde se encontraron poblaciones nativas de *Carya Illinoensis*, esta descripción resulta indispensable para el estudio de la distribución geográfica en México ya que puede ayudar a comprender las implicaciones con respecto a adaptabilidad y tolerancia a condiciones ambientales particulares.

### Materiales y métodos

Por medio de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se colectaron datos geográficos de 10 sitios de muestreo correspondientes a 9 estados de la República Mexicana (Figura 1), donde se encuentran poblaciones nativas de Nogal Pecanero descritas por Grauke et al. (2011). Se elaboró una base de datos georreferenciados donde se incluyeron datos de Estado, Municipio, latitud, longitud y altitud. Mediante el uso de Sistemas de información Geográfica se realizó la caracterización del clima de los sitios, empleando el software ArcMap 10.4.1 y la cartografía de climas de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1998), escala 1:1,000,000.



Usando álgebra de mapas se calculó la intersección geométrica de los puntos muestreados con respecto a la clasificación climática (Figura 2), donde se generó una nueva base de datos con la caracterización de los climas de cada sitio.

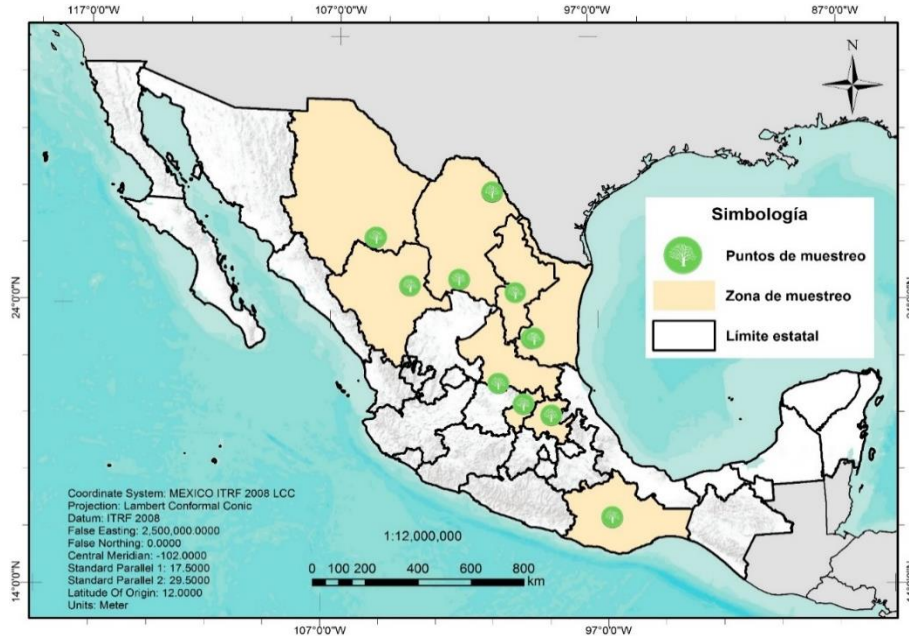


Figura 1. Distribución geográfica de los puntos de muestreo en la República Mexicana

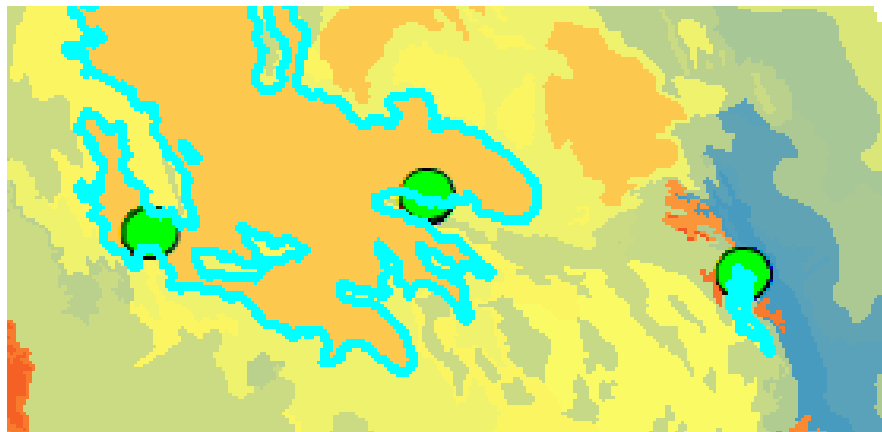


Figura 2. Ejemplo de intersección geométrica de los sitios con el tipo de clima

## Resultados y discusión

Se realizó la descripción de los climas en donde se encontraron las poblaciones nativas de Nogal Pecanero de acuerdo a la cartografía de climas elaborada por García (1998), se situaron los sitios en la cartografía (Figura 3), donde por medio de la herramienta intersect del software ArcMap 10.4.1 se obtuvo la información correspondiente a cada sitio con clave referente a temperatura y precipitación (Cuadro 1).



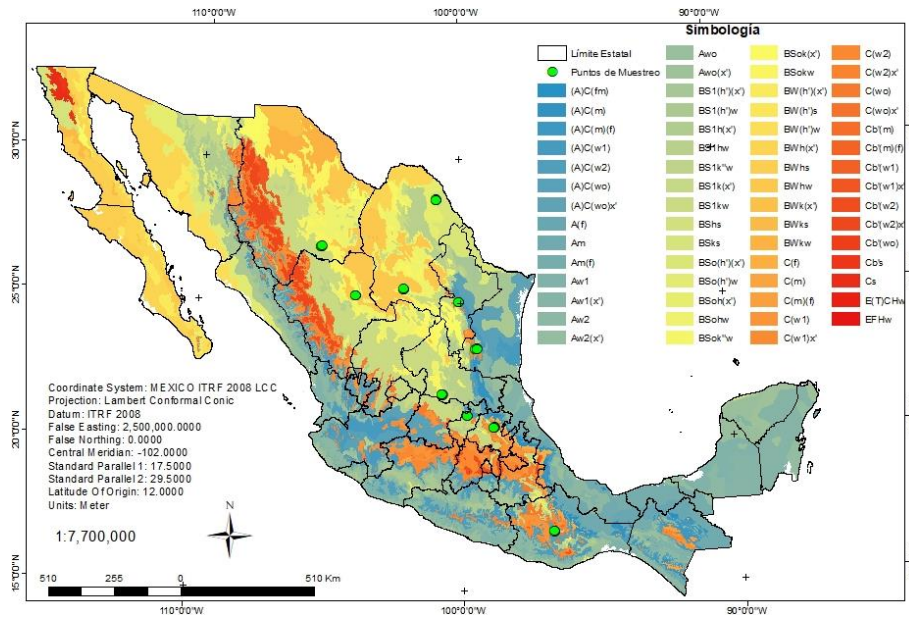


Figura 3. Clima de los sitios muestreados en base a la clasificación elaborada por García E. (1998)

Cuadro 1. Localización de sitios de muestreo y tipo de clima de poblaciones nativas de Nogal Pecanero

Sitio	Estado	Municipio	x	y	Altitud (msnm)	Clave Tipo de Clima
1	Coahuila	Zaragoza	-100.90962	28.594626	320	BSo(h')(x')
2	Coahuila	Parras	-102.18963	25.49512	1396	BWchw
3	Durango	Nazas	-104.03857	25.26466	1228	BWchw
4	Nuevo León	Rayones	-100.07222	25.018058	840	BSo(h)(x')
5	Chihuahua	Allende	-105.39277	26.93883	1588	BS1kw
6	Tamaulipas	Jaumave	-99.494209	23.379325	898	BS1chw
7	San Luis Potosí	Santa María del Río	-100.74354	21.80103	1718	BSochw
8	Querétaro	Peñamiller	-99.83255	21.04323	1328	BSochw
9	Hidalgo	Metztitlán	-98.83375	20.62984	1252	BS1chw
10	Oaxaca	Villa de Zaachila	-96.73921	16.95137	1518	BS1(h)'w

Se realizó el agrupamiento de la información obtenida en el cuadro 2, donde se describen las temperaturas y precipitaciones de cada sitio (correspondiente al tipo de clima del cuadro 1). Las poblaciones se encuentran en climas que van desde los Semiáridos a los muy áridos, y con temperaturas en los meses más fríos por debajo de 18°C, sin embargo los rangos de temperatura en esta cartografía son limitados, ya que el nogal requiere temperaturas entre los 7.2°C y los 12.7 °C (Manaster, 1994) durante el invierno, por lo que es necesario revisar datos de horas frío y temperaturas más bajas que se registran en cada sitio. Esta tendencia también se observa en la temperatura del mes más caliente, que suele ser por encima de los 22°C, sin embargo este promedio que se presenta en los datos no está muy alejado del rango de temperaturas altas encontrado por Manaster, (1994) que es de 24°C a 29°C.



Es importante generar más datos de este tipo en donde se localizan estos sitios, ya que de acuerdo a López-Soto et al., (2005) conocer los intervalos ambientales donde se desarrollan diversas especies permite establecer áreas potenciales con características similares, lo cuál puede ser de utilidad para programas de conservación o mejoramiento genético.

Cuadro 2. Sitios de localización de poblaciones nativas de Nogal Pecanero con clave de clima de acuerdo a la cartografía elaborada por García (1998)

Sitio	Estado	Clima	Temperatura media anual	Temperatura del mes más frío	Temperatura del mes más caliente	Temporada de lluvias	% lluvia invernal del total anual
1	Coahuila/ Zaragoza	Árido/ cálido	> 22°C	> 18°C	-	Repartidas todo el año	> 18%
2	Coahuila/ Parras	Muy árido/ semicálido	18°C - 22°C	< 18°C	> 22°C	Verano	5% - 10.2%
3	Durango	Muy árido/ semicálido	18°C - 22°C	< 18°C	> 22°C	Verano	5% - 10.2%
4	Nuevo León	Árido/ semicálido	18°C - 22°C	< 18°C	> 22°C	Repartidas todo el año	5% - 10.2%
5	Chihuahua	Semiárido/ templado	12°C - 18°C	-3°C - 18°C	< 22°C	Verano	5% - 10.2%
6	Tamaulipas	Semiárido/ semicálido	> 18°C	< 18°C	> 22°C	Verano	5% - 10.2%
7	San Luis Potosí	Árido/ semicálido	18°C - 22°C	< 18°C	> 22°C	Verano	5% - 10.2%
8	Querétaro	Árido/ semicálido	18°C - 22°C	< 18°C	> 22°C	Verano	5% - 10.2%
9	Hidalgo	Semiárido/ semicálido	> 18°C	< 18°C	> 22°C	Verano	5% - 10.2%
10	Oaxaca	Semiárido/ cálido	> 22°C	> 18°C	-	Verano	5% - 10.2%

## Conclusiones

El Nogal pecanero es un árbol que se puede adaptar a climas muy diversos, incluso es importante destacar la variación en la altitud en la que se encontraron estos sitios, ya que más allá de no ser una variable que afecte el desarrollo de estas plantas en diversos lugares, nos muestra la gran adaptación que tiene para desarrollarse en diversas condiciones ambientales.



## Referencias

- Brison, F. R. (1974). Pecan culture. Capital Printing.
- Chaney, W., Han, Y., Rohla, C., Monteros, M. J., & Grauke, L. J. (2015). Developing molecular marker resources for pecan. *Acta Horticulturae*, 1070, 127–132. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1070.13>
- García, E., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Consultado el 12 de junio de 2021
- Grauke, L. J., Mendoza-Herrera, M. A., Miller, A. J., & Wood, B. W. (2011). Geographic patterns of genetic variation in native pecans. *Tree Genetics and Genomes*, 7(5), 917–932. <https://doi.org/10.1007/s11295-011-0384-4>
- Huang, Y., Xiao, L., Zhang, Z., Zhang, R., Wang, Z., Huang, C., Huang, R., Luan, Y., Fan, T., Wang, J., Shen, C., Zhang, S., Wang, X., Randall, J., Zheng, B., Wu, J., Zhang, Q., Xia, G., Xu, C., ... Huang, J. (2019). The genomes of pecan and Chinese hickory provide insights into *Carya* evolution and nut nutrition. *GigaScience*, 8(5), 1–17. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giz036>
- López-Soto, J. L., Ruiz-Corral, J. A., Sánchez-González, J. de J., & Lépiz Ildelfonso, R. (2005). Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp) en la república mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 221–230.
- Manaster, J. (1994). *The Pecan Tree* (First edit). University of Texas Press Austin.
- Reyes, N.; Urrea, R. (2016). Retos y oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México (Issue December 2016).
- Thompson, T. E., & Grauke, L. J. (1991). PECANS AND OTHER HICKORIES (*CARYA*). *Acta Horticulturae*, 290, 839–906. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1991.290.19>
- Thompson, T. E., & Young, F. (1985). *Pecan Cultivars - Past and Present*. College Station, Tex: Texas Pecan Growers Association.



## CONTENIDO DE CLOROFILAS EN CLADODIOS REPRODUCTIVOS DE NOPAL TUNERO CULTIVADO CON Y SIN RIEGO

Jorge A. Zegbe<sup>1\*</sup>, Valentín Melero-Meraz<sup>1</sup>, María Guadalupe Campos-Fajardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de Víctor Rosales, 98500, Zacatecas, México. \* Autor de Correspondencia: zegbe.jorge@inifap.gob.mx

### Introducción

En condiciones medioambientales ideales, el crecimiento de un cultivo y, finalmente el rendimiento y productividad, se debe al proceso de fotosíntesis (síntesis usando luz) (Taiz y Zeiger, 2006). La fotosíntesis es un mecanismo fisiológico por el cual, las plantas generan oxígeno y energía química en forma de carbohidratos (glucosa) en presencia de dióxido de carbono, agua y energía solar (Johnson, 2016). La fase inicial de este proceso es la captación de la energía luminosa por los pigmentos fotosintéticos alojados en las membranas de los tilacoides denominados clorofilas (Singh et al., 2020). Estos organelos son fundamentales en la primera fase del proceso fotosintético. Sin embargo, la síntesis de clorofilas puede ser favorecida o limitada por la luz, temperatura y nutrientes disueltos en el agua del suelo (Li et al., 2018; Ceusters et al., 2019). Este estudio se enfocó a explorar el comportamiento de la clorofila a, b y total (a + b) en nopal tunero cultivado en seco y con riego suplementario. Esta xerófita presenta una estrategia de adaptación denominada metabolismo ácido crasuláceo (MAC) que le permite optimizar la eficiencia en el uso del agua permitiendo la apertura estomática durante la noche y, por ende, el intercambio de CO<sub>2</sub> con una pérdida mínima de agua por transpiración (Ceusters et al., 2017). Entonces, como la clorofila es primordial en el anabolismo y, por lo tanto, el crecimiento y desarrollo vegetal, una deficiencia de este pigmento podría asociarse con el bajo rendimiento de esta planta en seco.

### Materiales y métodos

**Material vegetal y diseño experimental.** El experimento se llevó a cabo en la huerta comercial 'Las 1000 Hectáreas' ubicada en 'La Victoria', Pinos, Zacatecas, México (lat. 22 ° 22 'N, largo 101 ° 67' W, elevación 2,161 m) en 2020. Las plantas con 15 años de edad del cultivar 'Roja Lisa' [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fueron establecidas en un sistema orientado perpendicularmente a las hileras y espaciadas a 5.6 m x 2.7 m entre hileras y plantas, respectivamente. Las plantas fueron cultivadas con prácticas agrícolas locales (poda de invernal y verano, aclareo de frutas, riego por goteo, fertilización mineral y orgánica, control de maleza y plagas según fue necesario). El experimento tuvo dos tratamientos de riego: seco (S, como testigo) y riego suplementario (RS) por goteo durante la temporada seca (marzo-junio). La información climatológica se registró en una estación meteorológica automatizada colocada a 600 m de distancia del experimento. El experimento se condujo en un diseño completamente aleatorio con cuatro réplicas por tratamiento. Cada unidad experimental tuvo dos plantas uniformes.



**Determinación de clorofila a, b y total.** En cada fecha de muestreo, entre las 12:00 y las 13:00 horas, de cada unidad experimental se obtuvieron al azar dos segmentos transversales con un sacabocado (17 mm de diámetro interno). Las muestras de tejido se colocaron y sellaron en tubos Eppendorf (5 ml) y se transportaron al laboratorio en un recipiente frío y hermético. El clorénquima de cada muestra se pesó y maceró en presencia de N<sub>2</sub> líquido. El tejido en polvo se pasó a un vial (1.5 ml) con 1 ml de N,N-Dimetilformaldehído. Las muestras se colocaron en termo mezclador (ThermoMixer® C, Eppendorf, Hamburg, Germany) a 1000 rpm por 24 h a 4 °C. Las muestras se centrifugaron (Spectrafuge 24D, Labnet International, Inc., Woodbridge, NJ, USA) a 13000 rpm por 1 min. La densidad óptica del sobrenadante se determinó a 664 nm y 647 nm con un espectrofotómetro (Thermo Scientific™ Multiskan™ Microplate, Fisher Scientific, Madrid, España). El contenido de clorofila (Cl) a (Cl<sub>a</sub>), b (Cl<sub>b</sub>) y total (Cl<sub>T</sub>) se estimó con las siguientes fórmulas: Cl<sub>a</sub> = 12.7\*A664 - 2.79\*A647, Cl<sub>b</sub> = 20.7\*A647 - 4.62\*A664 y Cl<sub>T</sub> = Cl<sub>a</sub> + Cl<sub>b</sub>, respectivamente (Zhang & Huang, 2013).

**Análisis de la información.** La información se analizó por muestreos con la prueba de t de Student con el sistema de análisis estadístico SAS (SAS Institute ver. 9.4, 2016, Cary, NC, USA).

## Resultados y discusión

El contenido de Cl<sub>a</sub> fue, en promedio, similar entre cladodios reproductivos de plantas cultivadas en S y con RS, excepto en el muestreo del 27 de mayo, donde el contenido de este pigmento fue mayor en los cladodios de plantas bajo S (Cuadro 1). Esto se reflejó únicamente en el contenido de la Cl<sub>T</sub>. En general, en comparación con los cladodios de plantas con RS, el contenido de la Cl<sub>a</sub> y Cl<sub>T</sub> tendió a incrementarse 14.3 y 4.8 %, respectivamente. Este comportamiento está basado en la importancia de la Cl<sub>a</sub> que, a diferencia de la Cl<sub>b</sub> (molécula de potenciación), ésta tiene la función única y crucial de convertir la energía lumínica en energía química (Buchanan et al., 2015); pero además, ante la limitada disponibilidad de agua, puede ser otro mecanismo que las plantas MAC (junto con otros pigmentos, como los carotenoides que participan tanto en la absorción de luz como fotoprotectores) (Taiz & Zeiger, 2006; Buchanan et al., 2015) aprovechan para proteger y mantener funcional el aparato fotosintético durante largos periodos con déficit hídrico, y así lograr sobrevivir, crecer y reproducirse. No obstante, por la importancia del tema, éste merece mayor profundidad de estudio.

Cuadro 1. Contenido de clorofila (mg g<sup>-1</sup> masa fresca) en cladodios productivos de nopal tunero 'Roja Lisa' de plantas bajo secano y con riego suplementario.

Clorofila /Fuente de variación	Fechas de muestreo						$\bar{X} \pm EE^*$
	21/04	13/05	27/05	10/06	22/06	30/06	
<b>Cl<sub>a</sub></b>							
Secano	4.8a**	4.8a	5.7a	5.9a	4.8a	4.5a	4.9 ± 0.6
Riego suplementario	4.8a	5.2a	3.8b	5.3a	3.5a	3.8a	4.2 ± 0.6
Significación	0.69	0.57	0.003	0.26	0.13	0.45	
<b>Cl<sub>b</sub></b>							
Secano	1.8 <sup>a</sup>	1.9a	2.0a	0.4a	—	0.8a	1.3 ± 0.4
Riego suplementario	2.0a	2.0a	1.8a	0.2a	—	1.4a	1.7 ± 0.4
Significación	0.79	0.90	0.77	0.37		0.44	
<b>Cl<sub>T</sub></b>							
Secano	6.6a	6.7a	7.7a	6.3a	4.8a	5.3a	6.2 ± 0.8
Riego suplementario	6.8a	7.2a	5.6b	5.5a	4.9a	5.1a	5.9 ± 0.8
Significación	0.63	0.66	0.04	0.13	0.78	0.88	

\*Valores promedio ± una vez el error estándar. \*\*Por contenido de clorofila, dentro de columnas valores promedio con letra distinta implica diferencias significativas con base en la prueba de t de Student con  $p \leq 0.05$ .

## Conclusiones

El contenido de clorofila *a* y total tendió a incrementarse en los cladodios de plantas bajo secano. Sin embargo, es imperativo profundizar en el tema para conocer la posible contribución de estos a la fotosíntesis o, habría que estudiar si estos pigmentos contribuyen como mecanismo adicional a la síntesis de prolina para soportar la prolongada sequía que ocurre anualmente en esta región semi-árida de México.

## Referencias

- Buchanan, B.B., W. Gruissem and R.L. Jones. 2015. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. John Wiley & Sons, Ltd., Oxford, OX4 2DQ, UK. 1280 p.
- Ceusters, N., W. Van den Ende and J. Ceusters. 2017. Exploration of sweet immunity to enhance abiotic stress tolerance in plants: lessons from CAM. pp. 145-166. In F.M. Cánovas, U. Lüttge and R. Matyssek (Eds.). *Prog. Bot.*, 78. © Springer International Publishing AG.
- Ceusters, N., R. Valcke, R., M. Frans, J.E. Claes, W. Van den Ende and J. Ceusters. 2019. Performance index and psii connectivity under drought and contrasting light regimes in the CAM orchid *phalaenopsis*. *Front. Plant Sci.*, 10, 1012, doi: 10.3389/fpls.2019.01012
- Johnson, M.P. 2016. Photosynthesis. *Essays Biochem.*, 60:255-273.
- Li, Y., N. He, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, Q. Wang, X. Zhang and X. Wu. 2018. Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. *Front. Ecol. Evol.*, 6:64. doi: 10.3389/fevo.2018.00064.
- Singh, A.H., H.K. Rana, and A.K. Pandey. 2020. Analysis of chlorophylls. pp: 635-650. In A. Sanches Silva, S.F. Nabavi, M. Saeedi and S.M. Nabavi (Eds.). *Recent advances in natural products analysis*. ISBN 978-0-12-816455-6. Copyright © 2020 Elsevier Inc.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Ass., Inc., Pub.
- Zhang, Z. and R. Huang. 2013. Analysis of Malondialdehyde, chlorophyll, proline, soluble sugar, and glutathione content in *arabidopsis* seedling. *Bio-protocol.*, 3(14):1-8.



## USO DE UN DESHIDRATADOR SOLAR RÚSTICO PARA EL DESHIDRATADO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE REBANADAS DE DURAZNO

Juan José Figueroa-González<sup>1</sup>, Jorge A. Zegbe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de Víctor Rosales, 98500, Zacatecas, México. \*Autor de correspondencia: zegbe.jorge@inifap.gob.mx

### Introducción

El concepto de (*in*) seguridad alimentaria fue acuñado en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en 1996, el cual textualmente dice “*La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana*” (FAO, 2011). Esto último implica que la disponibilidad de alimentos debiera ser mayor a la demanda. Sin embargo, en países en vía de desarrollo, como México, la apertura y globalización de los mercados, han incrementado, en términos energéticos, la dependencia alimentaria ante una creciente poblacional e índices de pobreza, cuya proyección se entrevé hacia el 2030 (Camberos-Castro, 2000). En contraste, la pérdida y desperdicio de alimentos (PDA) son una realidad mundial (FAO, 2015). Según datos de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA, 2017), Norteamérica registra anualmente 168 millones de toneladas en PDA, donde Estados Unidos registra el más alto porcentaje (75%), pero antes que Canadá (8%), México observa un 17% en PDA. Este porcentaje podría cubrir la demanda de 10.2 millones de personas en pobreza y carencia alimentaria (SEMARNAT, 2017). La CCA (2017) asegura que la PDA ocurre, por distintas causas, desde las unidades de producción hasta el consumo de éstos. En México, los productos frutícolas con mayor pérdida y desperdicio son guayaba (58%), mango (55%), aguacate (54%), plátano (54%) y nopal (53%) (FAO, 2015). Esta circunstancia, no sólo genera la pérdida del valor funcional-nutricional y económico de estos productos, sino que también genera un desperdicio de recursos naturales (energía, agua, suelo) con un impacto negativo al medio ambiente (Chen et al., 2020) por la emisión 36 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalente a las emisiones anuales de 16 millones de vehículos, además de la pérdida de 40 mil millones de litros de agua (SEMARNAT, 2017). Por lo tanto, para mitigar la PDA, la preservación de éstos es una alternativa para reducir la brecha entre la población y la insuficiencia alimentaria. En este sentido, el secado solar (desechado) y la deshidratación de productos frescos podrían ser alternativas para minimizar la PDA de productos hortícolas, porque además de prolongar la vida útil, la formulación de nuevos productos les agregaría valor (De Michelis & Ohaco, 2022). Así, el objetivo de esta investigación fue usar un prototipo de deshidratador solar rústico para elaborar deshidratados (orejones) con durazno de bajo valor comercial y valorar la composición nutricional de este producto.



## Materiales y métodos

**Sitio experimental.** El experimento se realizó de octubre a noviembre de 2011 en la planta piloto agroindustrial del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC; 22° 54' N, 102° 39' O) con una altitud de 2 197 msnm, temperatura media anual de 14.6 °C, precipitación pluvial media anual de 416 mm y evaporación promedio anual de 1609 mm. La velocidad media anual del viento e irradiación solar fueron de 4 m/s y 520 W/m<sup>2</sup>.

**Deshidratador solar rústico.** El deshidratador solar fue diseñado localmente, construido con madera en forma de “ele” y recubierto con una película de polietileno (Figura 1). El prototipo tuvo un colector de radiación solar o cámara para calentar el aire frío (1.03 ancho x 2.0 largo x 0.34 alto m), cámara de secado (1.03 largo x 1.05 alto x 0.31 ancho m) provista con cuatro charolas para el secado de tejido vegetal fresco con una separación de 12 cm entre ellas. El prototipo cuenta con una entrada de aire frío (0.064 m<sup>2</sup>) a la cámara de calentamiento y otra de salida (0.14 m<sup>2</sup>) para el aire caliente ubicado en la parte alta de la cámara de secado (Figura 1). Tanto la entrada como la salida de aire estuvo protegida con malla mosquitera galvanizada.

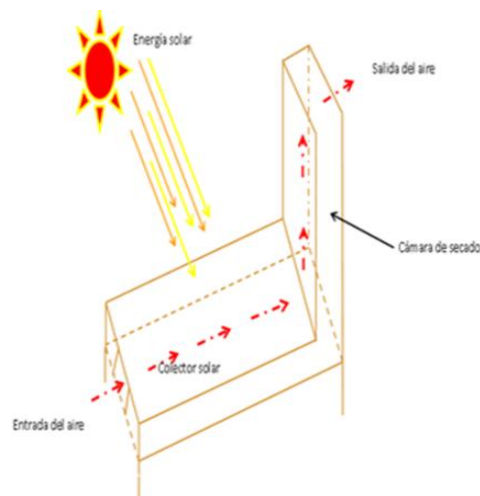


Figura 1. Prototipo de deshidratador solar rústico

**Diseño del experimento.** El experimento consistió en probar el factor deshidratador rústico (DHR) con dos niveles: cubierto con polietileno transparente (DHR1) y con polietileno negro (DHR2). El segundo factor fue la concentración de ácido cítrico (CAC). Los niveles de CAC fueron: 0, 1, 2 y 3 % aplicados a las muestras de durazno previamente preparadas. Los tratamientos tuvieron tres repeticiones. Los deshidratadores se dispusieron al azar en un sitio abierto libre de barreras que pudieran limitar la captación de la radiación solar. Las muestras de durazno se colocaron aleatoriamente dentro de las cámaras de deshidrata. El experimento se condujo en un diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial en los tratamientos.





**Preparación de la fruta.** Las muestras se prepararon con durazno criollo no comercial (< 4.7 cm de diámetro ecuatorial) con madurez para de consumo y libres de patógenos. Para eliminar impurezas de la epidermis, la fruta se lavó con agua potable en una olla de acero inoxidable. La fruta seca se troceó en rebanadas de 1.5 cm de grosor para hacer 24 porciones de 600 g cada una. Las muestras (seis muestras por solución) fueron maceradas en soluciones de ácido cítrico al 0 %, 1 %, 2 % y 3 % por 15 min. Después, las 24 muestras fueron pesadas en una báscula granataria (Triple Beam 700/800 series, Ohaus, NJ., USA). El peso de cada muestra se usó como la masa inicial para el cálculo de la pérdida de humedad durante el proceso de deshidratación.

**Pérdida de humeada (PH).** La PH de cada muestra se registró cada 60 min por 14 horas. La PH se estimó con la ecuación:  $PH=100 - [(M_t/M_0) \times 100]$ , donde PH ya fue definida,  $M_t$  y  $M_0$  son la masa a un tiempo determinado y masa inicial, respectivamente.

**Análisis químico proximal.** El contenido de proteína, extracto etéreo y cenizas fue determinado por los métodos descritos por la AOAC (2019). La fibra dietética se determinó con el método gravimétrico (Prosky et al., 1988); mientras que los carbohidratos se obtuvieron por diferencia porcentual con el resto de los componentes del análisis químico.

**Análisis de la información.** La información se analizó en un modelo completamente aleatorio con arreglo factorial en los tratamientos con el procedimiento modelo lineal general del sistema de análisis estadístico (SAS Institute ver. 9.4, 2016, Cary, NC, USA). La separación de medias de tratamientos se hizo con la diferencia mínima significativa de la prueba de Fisher con  $p \leq 0.05$ .

## Resultados y discusión

**Pérdida de humedad (PH).** El análisis de la información no detectó interacción ( $p = 0.98$ ) entre los niveles de los factores deshidratador rústico (DHR) y concentración de ácido cítrico (CAC) para la PH en las muestras de durazno semi-procesado. En 14 h de deshidratación y a partir de la cuarta hora, la PH fue mayor en las muestras de durazno deshidratadas en el DHR con polietileno transparente (DHR1). Este comportamiento se mantuvo hasta el final del proceso de deshidratación (Figura 2A). Lo anterior sugiere que el agua libre en la superficie las muestras de durazno semi-procesadas experimentaron un mayor déficit de presión de vapor del aire en el DHR1 que en el DHR polietileno negro (DHR2), producto del mayor calor que genera el polietileno transparente (Misle & Norero, 2001). En contraste, las CAC no produjeron diferencias en la PH en las muestras en 14 h de prueba (Figura 2B). Eso sugiere que las CAC no limitan la PH de la superficie de las muestras de durazno semi-procesado (Rux et al., 2019) y, por ende, tampoco el tiempo del deshidratado.

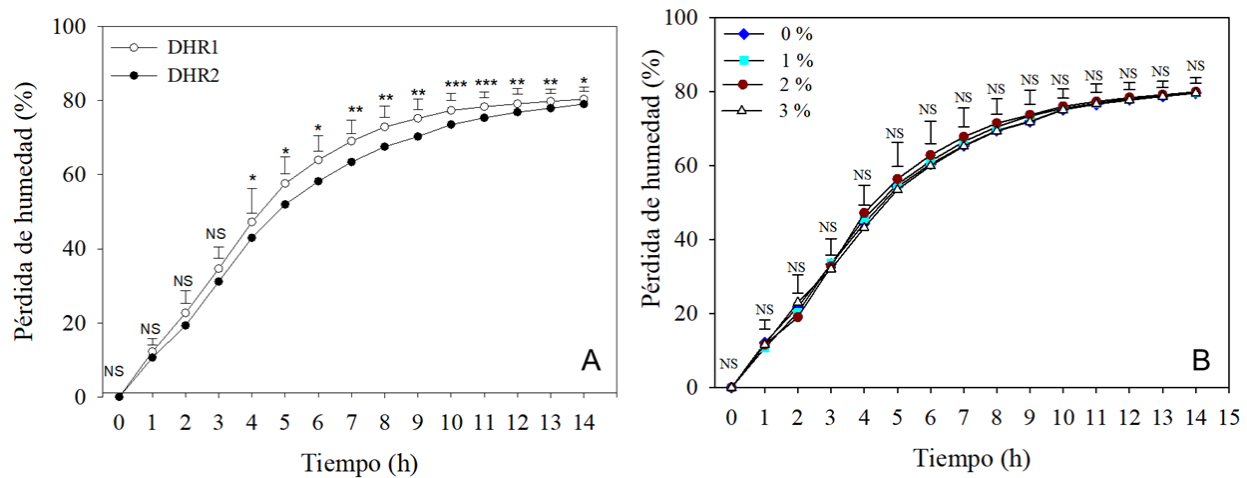


Figura 1. Cambios en la pérdida de humedad en función de los deshidratadores solares rústicos con plástico transparente (DH1) o negro (DHR2) (A) y en las rebanadas de durazno tratadas con ácido cítrico (B). En cada hora de muestreo, las barras verticales y los asteriscos indican la diferencia mínima de Fisher con  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$ ,  $p \leq 0.001$  o no significativo, \*, \*\*, \*\* o NS, respectivamente.

**Análisis proximal.** El análisis de la varianza detectó interacción significativa ( $p > 0.05$ ) entre los niveles de DHR y CAC únicamente en el contenido de cenizas, grasa y carbohidratos (Cuadro 1). Sin embargo, no hubo consistencia en las respuestas de estas variables a los tratamientos aplicados. Mientras que el contenido de cenizas se mantuvo alto en el DHR1 en las CAC de 0% y 2%, el porcentaje de grasas se mantuvo alto en el DHR1 en las CAC de 0% y 3% y al 1% en el DHR2. Los carbohidratos, en términos porcentuales, se mantuvieron altos en el DHR1 con la CAC al 1% (Cuadro 1). En contraste, no hubo interacción ( $p > 0.05$ ) en los niveles de DHR y CAC en el contenido de fibra dietética y proteína. el contenido de proteína se mantuvo alto en el DHR2 y en las CAC de 0%, 1% y 2%; mientras que el contenido de fibra dietética, no fue modificado por los efectos principales de DHR y CAC (Cuadro 1). Estas discrepancias pueden estar asociadas a la radiación solar (radiación ultravioleta) recibida durante el proceso de secado (Lima et al., 2018), el cual duró 14 horas. Mientras que las interacciones DHR1 con la CAC al 1% y 2% y DHR2 con la CAC al 1% mantuvieron alta la concentración de carbohidratos, la concentración de la cenizas y grasas se redujo en ambos DHR cuando el ácido cítrico se adicionó a cualquier concentración (Cuadro 1). Sin embargo, la influencia de las CAC (como antioxidante, Quitral et al., 2013) sobre el posible deterioro del color y sabor de las muestras secas de durazno, no fueron estudiadas.

Cuadro 1. Composición química (% 100 g<sup>-1</sup> muestra) de rebanadas de durazno deshidratadas con deshidratadores solares rústicos y tratadas con ácido cítrico en porcentaje.

Factor/niveles/interacción	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra dietética	Carbohidratos
Deshidratador (DHR)					
Plástico transparente (DHR1)	4.89 a*	5.45 b	3.77 a	18.86 a	67.01 a
Plástico negro (DHR2)	4.46 b	5.57 a	3.45 a	18.73 a	67.77 a
DMS	0.39	0.11	0.55	0.33	0.82
Significancia	0.0007	0.6143	0.0001	0.1481	0.0001
Concentración de ácido cítrico (CAC)					
CAC <sub>0</sub>	4.81 ab	5.60 a	4.16 a	18.95 a	66.46 b
CAC <sub>1</sub>	4.31 b	5.60 a	3.29 b	18.70 a	68.08 a
CAC <sub>2</sub>	5.11 a	5.44 ab	3.26 b	18.65 a	67.51 ab
CAC <sub>3</sub>	4.48 b	5.40 b	3.74 ab	18.86 a	67.50 ab
DMS	0.56	0.16	0.78	0.44	1.16
Significancia	0.0279	0.0252	0.0820	0.4918	0.0521
Interacción DHR × CAC					
DHR1 × CAC <sub>0</sub>	5.54 a	5.50 a	4.91 a	19.27 a	64.77 c
DHR1 × CAC <sub>1</sub>	4.09 c	5.70 a	3.41 bc	18.63 a	68.15 ab
DHR1 × CAC <sub>2</sub>	4.46 bc	5.52 a	1.93 d	18.60 a	69.47 a
DHR1 × CAC <sub>3</sub>	4.14 bc	5.68 a	4.65 ab	18.81 a	66.70 b
DHR2 × CAC <sub>0</sub>	5.55 a	5.44 a	3.29 c	18.53 a	67.16 b
DHR2 × CAC <sub>1</sub>	4.67 bc	5.43 a	3.24 cd	18.77 a	67.87 ab
DHR2 × CAC <sub>2</sub>	4.02 c	5.33 a	4.97 a	19.03 a	66.63 b
DHR2 × CAC <sub>3</sub>	4.95 ab	5.46 a	2.51 cd	18.70 a	68.36 ab
DMS	0.85	0.23	1.34	0.66	1.77
Significancia ( $p > F$ )	0.0007	0.6143	0.0001	0.1481	0.0001

\*Por efecto principal e interacción, dentro de columnas, los valores promedio con letras distintas son estadísticamente diferentes con base en la diferencia mínima (DMS) de la prueba de Fisher con  $p \leq 0.05$ .



## Conclusiones

Los deshidratadores equipados con polietileno transparente aceleran el deshidratado de las rebanadas de durazno. Ninguna de las concentraciones del ácido cítrico, como conservador, influyó en la velocidad de deshidratado de las rebanadas de durazno. No obstante, las inconsistencias en la respuesta del análisis proximal, parece que el DHR con polietileno transparente mantiene altas las propiedades nutrimentales estudiadas en las muestras de durazno tratadas con una CAC al 1%, lo cual requiere mayor profundidad de investigación. A reserva de profundizar en el diseño de los DHR para mantener las propiedades nutricionales de los productos frescos, esta tecnología podría ser una alternativa con impacto social y económico para unidades de producción relativamente marginadas que producen durazno de bajo valor comercial (pero altamente nutritivo), o bien para alargar la vida útil del producto o para comercializar durazno deshidratado.

## Referencias

- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis 21st ed. Association of official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Camberos-Castro, M. 2000. La seguridad alimentaria de México en el año 2030. *Ciencia Ergo Sum*, 7(1): 49-55.
- Chen, C., A. Chaudhary and A. Mathys. 2020. Nutritional and environmental losses embedded in global food waste. *Res. Conserv. Recycl.*, 160, 104912. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104912>
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). 2017. Caracterización y gestión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en América del Norte. <http://www.cec.org/files/documents/publications/11772-characterization-and-management-food-loss-and-waste-in-north-america-es.pdf> (Consultado: 9 de agosto de 2022)
- De Michelis, A. y E. Ohaco. 2022. Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cartilla\\_secado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf) (Consultado: 10 de agosto de 2022)
- Lima, F., K. Vieira, M. Santos and P. Mendes de Souza. 2018. Effects of radiation technologies on food nutritional quality. *Descrip. Food Sci.*, DOI: 10.5772/intechopen.80437
- Misle A., E. and A. Norero Sch. 2001. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas: I. Efecto de diferentes tipos de láminas. *Agric. Téc.*, 61(4): 488-499.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. La Seguridad Alimentaria: Información para la toma de decisiones. <http://www.fao.org/docrep/014/a1936s/a1936s00.pdf> (Consultado 10 de agosto de 2022).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2015. Pérdidas y desperdicios de alimentos en américa latina y el caribe. <http://www.fao.org/3/a-i4655s.pdf> (Consultado 10 de agosto de 2022).
- Quitral, V., M. Sepúlveda and M. Schwartz. 2013. Antioxidant capacity and total polyphenol content in different apple varieties cultivated in Chile. *Rev. Iberoamer. Tecnol.*, 14(1): 31-39.
- Rux, G., E. Efe, C. Ulrichs, S. Huyskens-Keil, K. Hassenberg and W. B. Herppich. 2019. Effects of pre-processing short-term hot-water treatments on quality and shelf life of fresh-cut apple slices. *Foods*, DOI:10.3390/foods8120653
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2017. Estrategia Nacional para Evitar Desperdicio de Alimentos. <http://www.gob.mx/semarnat/prensa/impulsa-semarnat-estrategia-nacional-para-evitar-desperdicio-de-alimentos> (Consultado: 10 de agosto de 2022).



## DESCRIPCIÓN DEL SÍNTOMA DE YEMA GRANDE EN PLANTAS DE CHILE PARA SECADO EN AGUASCALIENTES Y ZACATECAS

Rodolfo Velásquez-Valle<sup>1\*</sup>, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas, CP20660, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

<sup>2</sup>Campo Experimental La Laguna, Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte. CP 27440, Matamoros, Coahuila. \*Autor para correspondencia: velásquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### Introducción

La infección de plantas de chile para secado (*Capsicum annuum* L.) del tipo Mirasol por el fitoplasma *Candidatus* Phytoplasma trifolii (16SrVI) (CPT) en el estado de Zacatecas fue reportada en 2015 (Mauricio-Castillo et al., 2015). Las plantas infectadas mostraban enanismo, amarillamiento y el síntoma típico de la enfermedad; un sobredesarrollo de los sépalos. En este tipo de flores no se desarrollaba el fruto. En general, se ha sugerido que la interacción entre fitoplasmas y las plantas infectadas es caracterizada, entre otros factores, por un acentuado desbalance hormonal y enzimático (Youssef et al., 2018). En las plantas con flores, la transición de un meristemo vegetativo a uno floral es un proceso gradual y ordenado que culmina con la formación de órganos florales; el orden de este proceso puede ser alterado por los fitoplasmas: dos factores de virulencia (SAP-54 y filógeno) han sido identificados en razas de *Candidatus* Phytoplasma asteris y asociados con las malformaciones florales (Wei et al., 2019). El síntoma de yema grande o brote grande (big bud) ha sido reportado en plantas de chile en Nuevo México, EUA, Irán y Turquía, entre otros (Randall et al., 2009, Faghigi et al., 2016, Çarpar & Sertkaya, 2022). En las plantas de chile para secado sintomáticas a la infección por CPT se ha observado que el síntoma de yema grande muestra variaciones dentro de una misma planta, por lo que el objetivo de este trabajo fue de describir y cuantificar las formas que toman las flores modificadas (yema grande) en las plantas de chile infectadas por fitoplasmas.

### Materiales y métodos

Durante el ciclo de cultivo primavera verano de 2022 en parcelas comerciales de Aguascalientes y Zacatecas se colectaron ramas o plantas completas de plantas de chile (tipos Mirasol y Pasilla) que mostraban síntomas como hojas con clorosis en los bordes y forma lanceolada además del síntoma de yema grande. Una muestra del follaje más joven en cada planta o rama se utilizó para confirmar la presencia de fitoplasmas mediante PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en el laboratorio de Biología Molecular del Campo Experimental Zacatecas. En cada rama se contó el número de estructuras florales modificadas. Para separar y contar las diferentes estructuras florales o frutos asociados con la infección por fitoplasmas en las plantas de chile se elaboró una clasificación basada en sus características externas (Cuadro 1) (Figura 1). Finalmente, se diseccionaron las estructuras florales para describir el daño en su interior.



## Resultados y discusión

En las muestras de tejido foliar analizadas se detectó la presencia de *Candidatus Phytoplasma trifolii*. La presencia (%) de yema grande (tipo III) fue dominante en las plantas de ambos tipos de Chile; sin embargo, ese porcentaje fue mayor en las plantas de Chile Pasilla que en las de Mirasol debido probablemente al reducido número de plantas muestreadas; por otro lado, se confirma la presencia de frutos (tipo I), en número reducido y sin calidad comercial (Cuadro 2).

Cuadro 1. Descripción de los diferentes tipos de estructura floral o frutos encontrados en plantas de Chile con síntomas de infección por fitoplasmas

Tipo de estructura reproductiva (flores y frutos)	Descripción
I	Frutos deformes, con reducida o nula calidad comercial
II	Pedúnculos sin sépalos o flor o con flor necrosada
III	Sépalos con desarrollo excesivo



Figura 1. Estructuras reproductivas de los tipos I (derecha), II (centro) y III (izquierda) encontrados en plantas de Chile infectadas por fitoplasmas.



Cuadro 2. Presencia (%) de diferentes tipos de estructuras reproductivas en plantas de Chile para secado de los tipos Mirasol y Pasilla.

Tipo I	Estructura reproductiva (flores y frutos)	
	Tipo II	Tipo III
3.8	Pasilla 2.3	93.8
1.3	Mirasol 17.7	80.9

En siete de las 18 plantas de Chile Mirasol muestreadas se encontraron rebrotes en número que variaba entre uno y ocho por planta y que mostraban los síntomas típicos de clorosis y deformación foliar que caracterizan a la enfermedad; es importante señalar que no todos los rebrotes en una planta podían manifestar síntomas de yema grande. En solamente uno de los rebrotes se encontró un fruto (Tipo I) sin mostrar estructuras de los otros dos tipos. En el resto de los rebrotes se confirmó la tendencia a mostrar un mayor número de estructuras reproductivas del tipo III seguidas por las del tipo II.

En solamente una de las plantas muestreadas del tipo Pasilla se encontraron cuatro rebrotes sin la clorosis marginal o forma lanceolada en las hojas que usualmente acompaña al síntoma de yema grande en las ramas; además, los rebrotes mostraban únicamente estructuras reproductivas tipo III en números que variaban entre 9 y 11.

Las estructuras florales tipo III (yema grande) podían mostrar sépalos fusionados entre sí o separados (abiertos); el contenido de ambos tipos de yema grande varió entre vacío o con un pistilo verde y de tamaño reducido, con la flor necrosada, hasta yemas grandes con virescencia (pétalos necrosados y pistilo verdes o con anteras y producción de polen) (Figura 2).



Figura 2. Tipos de yema grande mostrando los sépalos fusionados o separados (izquierda) y una yema grande con pétalos y anteras necrosadas.



En el polen proveniente de las flores encontradas dentro de la yema grande (YG) se observaron dos tipos de granos; el primero, de contorno redondeado, de color café y de aspecto sano fue menos abundante; el segundo, de contornos angulosos y de menor tamaño fue más abundante (figura 3). Es posible que la liberación de este polen no ocurra ya que los pétalos, anteras y pistilo se necrosan antes de que se separen los sépalos. De acuerdo con su aspecto, es probable que la mayor parte de este polen sea inviable, pero es importante determinar la presencia de fitoplasmas en el polen de este tipo de flores.

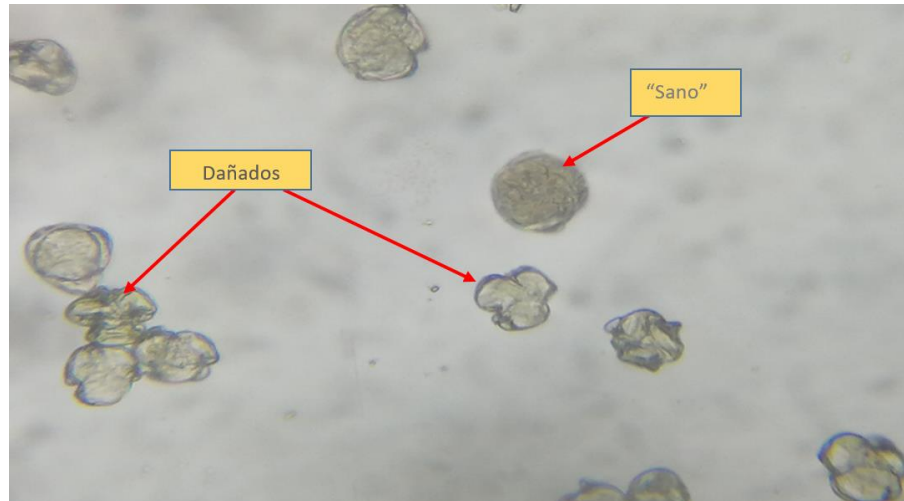


Figura 3. Granos de polen aparentemente dañados y "sano" obtenidos de una flor con síntoma de yema grande.

En las plantas sintomáticas a la infección por CPt, la presencia de YG (tipo III) se encontraron en dos formas, con los sépalos fusionados o con los sépalos separados (Figura 2); en el caso de Chile Pasilla puede ser prematuro establecer una tendencia en el porcentaje de cada una de esas estructuras dado el reducido número de muestras. En el caso de Chile Mirasol el número de plantas muestreadas con más yemas grandes de sépalos fusionados (15) fue mayor que el de sépalos separados (3).

En plantas de Chile de los tipos Mirasol y Pasilla se encontraron estructuras reproductivas modificadas o síntomas foliares (amarillamiento y deformación foliar) asociados con la infección por fitoplasmas. En la mayoría de los casos la presencia de dicha sintomatología ocurrió en toda la parte aérea de la planta, sin embargo, en algunas plantas o en partes de ellas no se encontraron estructuras reproductivas modificadas o sanas a pesar de mostrar los síntomas foliares asociados con la enfermedad sugiriendo que posiblemente estas porciones de la planta fueron inicialmente infectadas y de ahí la carencia de otros síntomas diferentes a los foliares; el movimiento de los fitoplasmas dentro de un hospedero ha sido documentado (Carminati et al., 2021) en plantas de jitomate por lo que es posible que ese fenómeno ocurra también en plantas de Chile.





En las plantas de Chile para secado la formación de rebrotes a lo largo del tallo es frecuente y ha sido asociado con otras enfermedades como la pudrición de la raíz (Velásquez-Valle et al., 2001); en este trabajo cerca del 44% de las plantas muestreadas del tipo Mirasol tenían rebrotes y en la mayoría de ellos se encontraron síntomas foliares de la enfermedad, así como estructuras reproductivas modificadas, especialmente del tipo III con sépalos fusionados.

Es posible que la secuencia de síntomas en las estructuras reproductivas inicie con el desarrollo excesivo de sépalos fusionados (filodia) y necrosis de pétalos, anteras y pistilo, continúe con la apertura, separación y caída de los sépalos y finalice con exposición del pistilo necrosado y con la eventual caída del pedúnculo.

## Conclusiones

En las plantas de Chile Mirasol y Pasilla con síntomas foliares de infección por CPT las estructuras reproductivas pueden asumir al menos tres formas: Tipo I: frutos deformes, de menor tamaño y sin calidad comercial, Tipo II: pedúnculos sin sépalos o flor o con flor necrosada y, Tipo III: sépalos con desarrollo excesivo cuya proporción y distribución dentro de las plantas puede ser variable. Las anteras de las flores encapsuladas por los pétalos dentro de las yemas grandes pueden producir polen generalmente deforme, pero su liberación es poco probable ya que la necrosis de anteras y pétalos ocurre antes de la caída de los sépalos.

## Referencias

- Carminati, G., Brusa, V., Loschi, A., Ermacora, P. & Martini, M. (2021). Spatiotemporal and quantitative monitoring of the fate of "*Candidatus Phytoplasma solani*" in tomato plants infected by grafting. *Pathogens* 2021. 10, 811. <https://doi.org/10.3390/pathogens10070811>
- Çarpar, H. & Sertkaya, G. (2022). Investigation on phytoplasma diseases, their potential insect vectors and other hosts in pepper (*Capsicum annuum* L.) growing areas of Hatay-Turkey. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences* 27:241-252.
- Faghigi, M. M., Taghavi, S. M., Safaei, A., Siampour, M. & Najafabadi Modarres, S. S. (2016). First report of a phytoplasma associated with bell pepper big bud disease in Iran. *New Disease Reports* (2016) 33, 15. <https://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588-2016-033.015>
- Mauricio-Castillo, J. A., Salas-Muñoz, S., Velásquez-Valle, R., Ambriz-Granados, S. & Reveles-Torres, L. R. (2015). '*Candidatus Phytoplasma trifolii*' (16SrVI) en Chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) cultivado en Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38:389-396
- Randall, J. J., Bosland, P. W. & Hanson, S. F. (2009). Brote grande, a new phytoplasma-associated disease of Chile peppers. *Plant Disease* 93:968.
- Velásquez-Valle, R., Medina-Aguilar, M. M. & Luna-Ruiz, J. J. (2001). Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del Chile (*Capsicum annuum* L.) en el Norte-Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:175-181.
- Wei, W., Davis, R. E., Bauchan, G. R. & Zhao, Y. (2019). New symptoms identified in Phytoplasma-infected plants reveal extra stages of pathogen-induced meristem fate-derailment. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 32:1314-1323.
- Youssef, S. A., Safwat, G., Baset, A., Shalaby, A. B. A. & El-Beltagi, H. S. (2018). Effect of phytoplasma infection on plant hormones, enzymes and their role in infected sesame. *Fresenius Environmental Bulletin* 27:5727-5735.



## REACCIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO A LA PUDRICIÓN DE LA RAÍZ EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA

Rodolfo Velásquez-Valle<sup>1\*</sup>, José Ángel Cid Ríos<sup>2</sup>, Yasmin Ileana Chew-Madinaveitia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón-INIFAP, Km. 32.5 Carr. Aguascalientes – Zacatecas, Pabellón de Art., Aguascalientes. CP 20660,

<sup>2</sup>Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, Calera, Zacatecas, CP 98500, <sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Blvd. José Santos Valdez 1200 Pte., Matamoros, Coahuila, CP 27440. \* Autor de correspondencia: velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### Introducción

Las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) son infectadas por un número considerable de patógenos que dañan tanto sus partes aéreas como subterráneas; la incidencia de los patógenos responsables de las enfermedades en el follaje son dependientes en gran medida de las condiciones ambientales en contraste con los agentes causales de las enfermedades de la raíz que generalmente ocurren en cada ciclo de cultivo. Entre los patógenos más comunes asociados con las lesiones de las raíces de frijol en Zacatecas se encuentran los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp., el oomiceto *Pythium* spp. y los nematodos noduladores *Meloidogyne* spp. y falso nematodo nodulador *Nacobbus aberrans* (Mena & Velásquez, 2010). Actualmente en Zacatecas el manejo de la pudrición de la raíz se realiza mediante el tratamiento con fungicidas a la semilla y labores culturales como rotación de cultivos, sin embargo, los resultados no son alentadores. La incorporación de resistencia genética puede ser una alternativa eficaz para el control de la enfermedad; las nuevas variedades de frijol generadas por el INIFAP, son de ciclo más cortó a intermedio y reúnen las características de calidad comercial que demanda el mercado nacional; poseen tolerancia a algunas de las enfermedades más importantes como tizón común, tizón de halo y roya (Cid et al., 2014) pero poco se conoce acerca del comportamiento en campo de estas nuevas variedades respecto a la pudrición de la raíz por lo que el objetivo del trabajo consistió en determinar la reacción de seis variedades de frijol pinto en condiciones de campo a la pudrición de la raíz.

### Materiales y métodos

En las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) en Calera, Zac. se estableció un experimento con seis variedades de frijol pinto (Saltillo, Bravo, Centenario, Centauro, Libertad y Coloso) en dos sistemas de siembra: a hilo sencillo y en camas con cuatro líneas); en ambos casos el riego se proporcionó por cintilla. La siembra se realizó el 26 de abril de 2022. Para estimar la severidad de la enfermedad se tomaron al azar cinco plantas de cada variedad en ambos sistemas de siembra en tres ocasiones a los 65, 79 y 107 días después de la siembra (dds); la severidad de la pudrición de la raíz se estimó de acuerdo con el porcentaje de la superficie de la raíz cubierta con lesiones de la enfermedad. Porciones de las raíces se sembraron en medio de cultivo PDA para identificar los patógenos asociados con la enfermedad para lo cual se utilizaron las claves pictográficas proporcionadas por Barnett (1967) y Watanabe (1994).



La presencia de nematodos agalladores o noduladores se cuantificó a los 79 dds, de acuerdo con una escala arbitraria de daño donde 0: raíces sin agallas visibles, 1: daño leve (menos del 25% de las raíces con agallas), 2: daño medio (26 a 50% de las raíces con agallas), 3: daño severo (51 a 75% de las raíces con agallas) y 4: daño severo (76% o más de las raíces con agallas). Para identificar el género y la especie del nematodo agallador se realizaron cortes perineales que se compararon con los proporcionados por Eisenbach et al. (1983).

## Resultados y discusión

Se observaron lesiones de pudrición de la raíz en todas las plantas de frijol recolectadas, independientemente de la variedad, sistema de siembra o fecha de muestreo, aunque la severidad no fue constante. En la primera fecha de muestreo, las variedades con mayor porcentaje de severidad en HS fueron Saltillo (66.0%), Coloso (64.0%) y Libertad (60.0%); en 4H Coloso (54.0%) y Saltillo (50.0%) repitieron entre las más dañadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Severidad (%) de la pudrición de la raíz en plantas de seis variedades de frijol pinto en dos sistemas de siembra en Calera, Zacatecas.

Variedad	Sistema de siembra	Severidad			Promedio
		65 dds	79 dds	107 dds	
Saltillo	HS <sup>1</sup>	66.0 <sup>3</sup>	44.0	42.0	50.7
	4H <sup>2</sup>	50.0	13.0	18.0	27.0
Bravo	HS	45.0	30.0	20.0	31.7
	4H	30.0	34.0	18.0	27.3
Libertad	HS	60.0	36.0	31.0	42.3
	4H	36.0	37.0	17.0	30.0
Centauro	HS	29.0	30.0	34.0	31.0
	4H	30.0	23.0	19.0	24.0
Centenario	HS	46.0	32.0	25.0	34.3
	4H	48.0	33.0	18.0	33.0
Coloso	HS	64.0	38.0	28.0	43.3
	4H	54.0	11.0	16.0	27.0
Promedio general		46.5	30.1	23.8	
Promedio HS		51.7	35.0	30.0	
Promedio 4H		41.3	25.1	17.7	

<sup>1</sup> Siembra a hilo sencillo; <sup>2</sup> Siembra a cuatro hilos; <sup>3</sup> % promedio de severidad de cinco plantas.

El promedio final de severidad más alto en HS correspondió las variedades Saltillo (50.7%), Coloso (43.3%) y Libertad (42.3%) mientras que en 4H las variedades Coloso (33.0%), Libertad (32.0%) y Bravo (27.3%) obtuvieron los valores superiores. Por lo que respecta a los menores valores promedio de severidad, la variedad Centauro destacó en HS y 4H con 24 y 31%, respectivamente (Cuadro 1).



La tendencia general de la severidad fue descendente a lo largo de las tres fechas de muestreo y coincidió con la tendencia en HS y 4H, sin embargo, la severidad de la enfermedad fue superior en HS en las tres fechas de muestreo (Cuadro 1).

Independientemente de la variedad o sistema de siembra se identificaron cuatro géneros de hongos (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Thielaviopsis* spp. y *Verticillium* spp.) y un oomiceto (*Pythium* spp.); la presencia de todos ellos, con excepción de *Verticillium* spp., ha sido documentada mundialmente en plantas de frijol con síntomas de pudrición de la raíz; *Verticillium* spp. causante de marchitez en más de 300 hospederos no es mencionado como un patógeno de la raíz de frijol (Jacobs et al., 2019) por lo que es probable que su presencia en las raíces de frijol sea como saprófito. Los hongos más frecuentemente detectados en ambos sistemas de siembra fueron *Rhizoctonia* spp. y *Fusarium* spp. Estos hongos se encontraron en raíces de plantas de todas las variedades de frijol; por el contrario, *Verticillium* spp fue encontrado en bajas proporciones (20%) en raíces de Libertad y Coloso en 4H y HS, respectivamente (Cuadro 2). Por otro lado, es interesante notar que los valores de incidencia de patógenos a los 65 dds es mayor que a los 79 dds sin tomar en cuenta la variedad o sistema de siembra.

Cuadro 2. Incidencia de patógenos asociados con la pudrición de la raíz en seis variedades de frijol pinto en Calera, Zac.

Variedad	Patógeno	Incidencia (%)			
		65 dds		79 dds	
		HS	4H	HS	4H
Saltillo	<i>Fusarium</i> spp.	20	80	ND <sup>1</sup>	40
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	80	60	ND	20
Bravo	<i>Fusarium</i> spp.	60	60	40	60
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	60	60	60	80
	<i>Thielaviopsis</i> spp.	nd <sup>2</sup>	Nd	nd	20
Libertad	<i>Fusarium</i> spp.	80	100	100	60
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	100	80	80	20
	<i>Verticillium</i> spp.	Nd	20	nd	nd
	<i>Pythium</i> spp.	Nd	Nd	nd	20
Centauro	<i>Fusarium</i> spp.	20	40	40	40
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	80	20	100	40
Centenario	<i>Fusarium</i> spp.	60	100	20	20
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	60	20	80	60
	<i>Thielaviopsis</i> spp.	Nd	20	nd	nd
Coloso	<i>Fusarium</i> spp.	80	60	40	20
	<i>Rhizoctonia</i> spp.	60	20	80	80
	<i>Thielaviopsis</i> spp.	Nd	Nd	40	20
	<i>Pythium</i> spp.	20	Nd	nd	nd
	<i>Verticillium</i> spp.	20	Nd	nd	nd

<sup>1</sup> datos no tomados: <sup>2</sup> patógeno no detectado.



El oomiceto *Pythium* spp. fue identificado en las variedades Libertad y Coloso en 4H y HS, respectivamente; en ambos casos el porcentaje de detección fue de 20%. El género *Thielaviopsis* fue encontrado en las variedades Bravo, Centenario y Coloso, aunque solamente en esa última variedad alcanzó 40% de incidencia (Cuadro 2).

Mediante los cortes perineales realizados a hembras obtenidas en raíces agalladas de las variedades Coloso 4H, Saltillo 4H y Libertad HS se identificó a la especie *Meloidogyne incognita*; el efecto combinado de este nematodo y el hongo *Rhizoctonia solani* sobre plantas de frijol fue señalado por Al-Hazmi y Al-Nadary (2015), quienes reportan valores superiores en el índice de pudrición por *Rhizoctonia*, en agallamiento de raíces y menor desarrollo de las plantas de frijol. En el sistema de siembra 4H solamente se registraron plantas agalladas de las variedades Saltillo y Coloso mientras que en HS las variedades Libertad, Centauro, Centenario y Coloso tenían plantas con agallas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Incidencia de plantas de frijol pinto con agallas causadas por *Meloidogyne incognita*

Variedad	Incidencia <sup>1</sup>	
	HS	4H
Saltillo	0.0	40.0
Bravo	0.0	0.0
Libertad	100.0	0.0
Centauro	20.0	0.0
Centenario	20.0	0.0
Coloso	80.0	40.0

<sup>1</sup> Porcentaje de plantas con al menos una agalla causada por *M. incognita*.

Aunque el número de variedades agalladas y la incidencia son mayores en HS que en 4H es probable que tales diferencias puedan deberse a una distribución irregular del nematodo en la parcela más que al efecto del sistema de siembra o variedad.

## Conclusiones

B

ajo condiciones naturales, las variedades de frijol Pinto Saltillo, Bravo, Libertad, Centauro, Centenario y Coloso sembradas en los sistemas de siembra a hilo sencillo y cuatro hilos fueron susceptibles a los hongos y nematodos asociados con las pudriciones de la raíz.

En ambos sistemas de siembra se identificó a los hongos *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp. y *Thielaviopsis* spp. así como al nematodo agallador *Meloidogyne incognita*.



## Referencias

- Al-Hazmi, A. S. and Al-Nadary, S. N. 2015. Interaction between *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani* on green beans. Saudi Journal of Biological Sciences 22:570-574.
- Barnett, H. L. 1967. Illustrated genera of imperfect fungi. Second edition. Burgess Publishing Company. 225 p.
- Cid, R. J. A., Reveles, H. M., Velásquez, V. R. y Mena, C. J. 2014. Producción de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 63 Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. 69 p.
- Eisenbach, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J. N., and Triantaphyllou, A. C. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies). Con una clave pictórica. International Meloidogyne Project. 48 p.
- Jacobs, J. L., Kelly, J. D., Wright, E. M., Varner, G., and Chilvers, M. I. 2019. Determining the soilborne pathogens associated with root rot disease complex of dry bean in Michigan. Plant Health Progress 20:122-127.
- Mena, C. J. y Velásquez, V. R. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Folleto Técnico No. 24. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. 83 p.
- Watanabe, T. 1994. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species. CRC Press Inc. 411 p.



## UTILIZACION DE ITS Y EF-1A PARA IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE HONGOS FILAMENTOSOS CAUSANTES DEL MARCHITAMIENTO FÚNGICO (DAMPING-OFF) EN EL CULTIVO DE CHILE (*Capsicum annuum* L.)

Luis Roberto Reveles-Torres<sup>1\*</sup>, Silvia Salas-Muñoz<sup>2</sup>, María Gabriela Ramírez-Valadez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Ctra. Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. <sup>2</sup> CONACYT-INIFAP CEZAC, Zacatecas, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana, Km 4.5 Ctra. Durango-El Mezquital, Durango, México.  
\*Autor de correspondencia: reveles.roberto@inifap.gob.mx

### Introducción

La presencia de enfermedades es ocasionada por diversos microorganismos patógenos, cuyos daños pueden variar de acuerdo a la región en que se ubiquen, dando como consecuencia, que algunas regiones productoras importantes disminuyan su superficie de siembra o que la producción sea desplazada a nuevas áreas. Algunos de los problemas severos en el cultivo de chile son causados específicamente por hongos como *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Alternaria*, *Oidiopsis*, *Leveillula*, *Sclerotinia* (Pérez-Acevedo et al., 2017). Otros géneros que atacan a las plantas de chile son *Verticillium* y *Sclerotium*; estos otros géneros de hongos igual son transmitidos por el suelo, causando un marchitamiento grave en el chile, especialmente de las especies perennes, y son específicos del huésped, dado que atacan a las plántulas jóvenes y causa la pérdida completa de la plántula (Lema et al., 2018). Se localizan en las capas superficiales del suelo, donde el microclima, el ambiente y la disponibilidad de recursos nutricionales son favorables para el desarrollo y crecimiento de estos patógenos (Pacasa-Quisbert et al., 2017).

La enfermedad Damping-off acaecida en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.), es causada por hongos patógenos que también afectan a una amplia gama de cultivos como hortalizas, leguminosas y cereales. El medio de infección es a través del suelo y se presenta atacando las plántulas antes o después de la germinación. La sintomatología se puede observar desde la siembra hasta la cuarta semana después de la siembra (Lamichhane et al., 2017). El Damping-off puede ocurrir en dos estados los cuales son en "pre-emergencia" y en "post-emergencia"; en la fase de pre-emergencia, las plantas mueren justo antes de llegar a la superficie del suelo o incluso en ocasiones las semillas pueden no emerger en absoluto; el desarrollo radical joven se muere y las plántulas se pudren por completo. La fase de post-emergencia se caracteriza por la infección de los tejidos jóvenes del collar a nivel del suelo, los tejidos infectados se ablandan y se llenan de agua, finalmente las plántulas se caen o colapsan (Majeed et al., 2018; Olsen & Young, 2011).



Se sabe que esta sintomatología es una enfermedad ocasionada por diversos géneros de hongos y pseudo-hongos perteneciente a los géneros de *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Phytophthora*, los cuales atacan a las plántulas de los cultivos en los estados de pre y post-emergencia (Arora et al., 2021). En el presente trabajo se identificó molecularmente seis muestras de hongos causantes del Damping-off aislados a partir de plántulas de chile colectadas en parcelas comerciales del estado de Durango.

## Materiales y métodos

Se aislaron hongos y oomicetos de plántulas enfermas de chile mirasol con sintomatología de Damping-off, obtenidas en las instalaciones de INIFAP CIRNOC; Campo Experimental Valle del Guadiana ubicada en Durango, México. Por caracterización morfológica se identificaron cepas de *Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, de las cuales fueron recuperadas esporas a partir de cultivos frescos de siete días de crecimiento en agar maíz (CA). El número de esporas/mL de solución fue determinado usando una cámara de Neubauer. Las cepas se mantuvieron a 4°C y las conidias fueron preservadas en glicerol a -70°C. Después estas conidias de cada una de las cepas, se sembraron en medio PDA y se incubaron a 28°C por siete días. Posteriormente, se cosechó el micelio en condiciones de esterilidad, y se congeló con nitrógeno (N<sub>2</sub>) líquido para proseguir con extracción de DNA como lo señala Raeder y Broda (1985). La integridad del DNA se analizó mediante electroforesis horizontal en gel de agarosa al 1 % utilizando regulador de corrida TAE 1X. El corrimiento electroforético se realizó a 95 volts durante 45 min. Finalmente, el gel se tiñó con una solución de bromuro de etidio (10 µg/mL) durante 10 min para su posterior visualización del DNA en un fotodocumentador (BIO-RAD).

Para la amplificación de las regiones ITS y EF-1α se usó como molde el DNA obtenido de las cepas de las especies de *Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia* aisladas. Para la amplificación de los ITS se utilizaron los oligonucleótidos directo ITS1, que corresponde a la región final del gen 18S (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') y reverso ITS4, que corresponde al inicio del gen 28S (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') con las condiciones y programa de PCR como lo reportan White y colaboradores (1990). Por otra parte, para la amplificación del gen EF-1α se utilizaron los oligonucleótidos EF1 (5'-ATGGGTAAGGARGACAAGAC-3') EF2 (5'-GGARGTACCAGTSATCATGTT-3') con las condiciones y programa de PCR que reportan O'Donnell y colaboradores (1998).

Los productos de PCR de los ITS y EF-1α de cada una de las cepas de las especies estudiadas se ligaron en el vector de clonación pGEM-T Easy (Promega) siguiendo las indicaciones del proveedor, con la subsiguiente transformación por choque térmico en células de *Escherichia coli*. Después, se realizaron preinóculos de cada una de las colonias para extracción del DNA plasmídico. Las clonas positivas, obtenidas de cada uno de las muestras de ITS y EF-1α se mandaron a secuenciar al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Medica y Ambiental (LANBAMA) en San Luis Potosí. Las secuencias obtenidas se compararon con las secuencias disponibles en el banco de genes mediante el análisis de cobertura e identidad del GenBank del *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), utilizando el programa Blastn.





## Resultados y Discusión

Para la identificación molecular de las cepas de hongos aislados, se utilizó la técnica de PCR. A partir del ADN genómico de cada una de las cepas aisladas de las plantas de Chile, se llevó a cabo el PCR con oligonucleótidos específicos para la amplificación de las regiones ITS y EF-1 $\alpha$ . En la Figura 1, se observa la amplificación del tamaño esperado entre 480-500 pb aproximadamente, el cual corresponde a la región del ITS en las muestras K4Zr, H1Zr (a), H1Zr (b), C3WC, EV1r y F3WC.

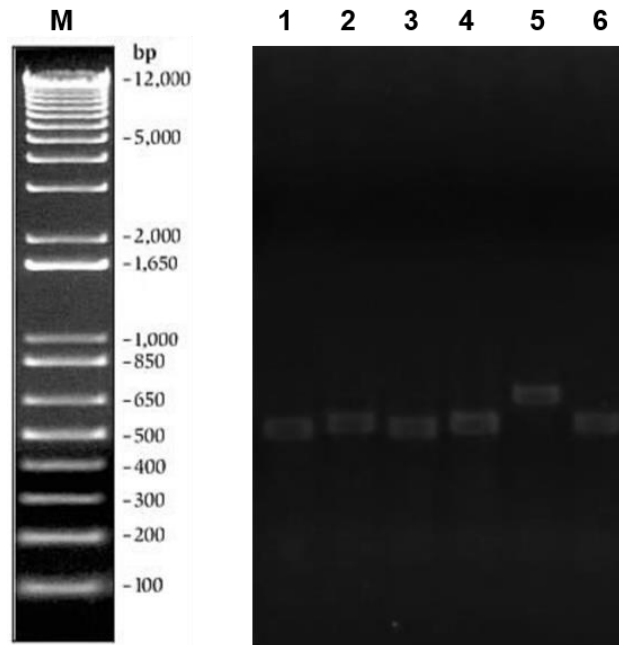


Figura 3. Producto de amplificación de los ITS de los hongos filamentosos causantes del Damping-off. M) Marcador de peso molecular (1kb plus Invitogen). 1) K4Zr, 2) H1Zr (a), 3) H1Zr (b), 4) C3WC, 5) EV1r y 6) F3WC.

En la Figura 2, se muestra la amplificación del gen EF-1 $\alpha$  de los 6 hongos aislados del Chile mirasol en donde se muestra que el tamaño de la banda de cada muestra es entre los 550-600 pb.

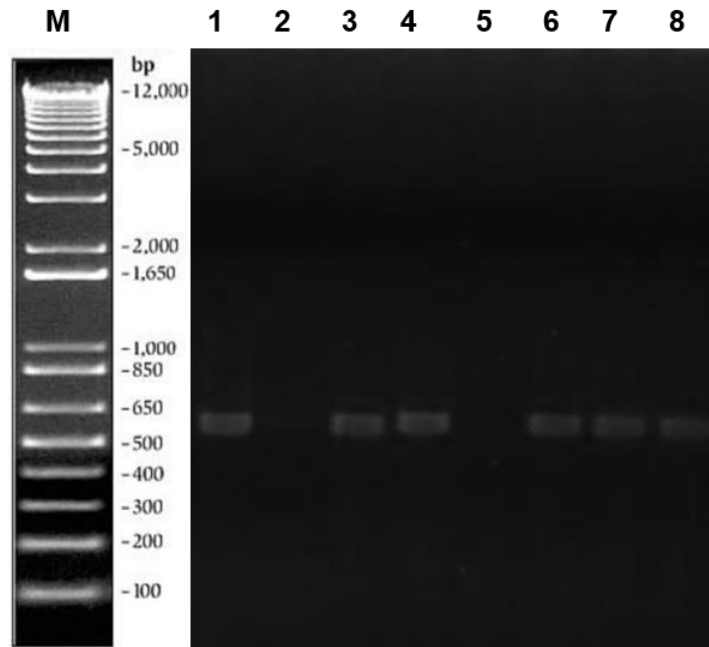


Figura 4. Producto de amplificación del gen *EF-1α* de los hongos filamentosos causantes del Damping-off. M) Marcador de peso molecular (1kb plus Invitogen). 1) K4Zr, 3) H1Zr (a), 4) H1Zr (b), 6) C3WC, 7) EV1r y 8) F3WC. Los carriles 2 y 5 no contienen muestra de PCR.

Después, los productos de PCR se ligaron en el vector de clonación, esto con la finalidad de obtener las clonas con el producto clonado de la región del ITS y del factor de elongación 1α de cada una de las cepas de hongos, y para confirmar la clonación del producto, se realizó un PCR a partir del DNA plasmídicos.

Las clonas positivas se secuenciaron en sentido directo (forward) únicamente y esto a que el fragmento que se clonó tanto de la región ITS y el factor de elongación presentan un tamaño de 480-500 pb (ITS) y 550-600 pb (*EF-1α*), por lo que el tamaño de todas las secuencias fue aproximadamente de 800pb. Posteriormente, para el análisis de las *secuencias*, se editaron y se identificaron los oligonucleótidos correspondientes a los ITS y al gen factor de elongación 1-α.

Las secuencias editadas se comprobaron con las secuencias disponibles que se encuentran disponibles en el banco de genes del GenBank del National Center for Biotechnology Information/NCBI) usando Blastn. Los resultados de la secuenciación de las clonas se muestran en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Secuencias de las muestras de hongos obtenidas usando Blastn.

Muestra	Oligo nucleótido	Hit	Núm. de acceso	Porcentaje Cobertura	Porcentaje de Identidad
K4Zr	EF-1α	<i>Fusarium oxysporum</i>	MN223431.1	100 %	99.44 %
	ITS	<i>Fusarium oxysporum</i>	MK249867.1	100 %	100.00 %
H1Zr (a)	EF-1α	<i>Fusarium oxysporum f. sp. cepae</i>	KP964904.1	100 %	100.00 %
	ITS	<i>Fusarium sp.</i>	MK640560.1	100 %	100,00%
H1Zr (b)	EF-1α	<i>Fusarium falciforme</i>	KF020507	100 %	99.45 %
	ITS	<i>Fusarium falciforme</i>	MT251175.1	100 %	98.95%
E1Vr	EF-1α	<i>Fusarium oxysporum f. sp. carthami</i>	JF957818.1	100 %	99.18 %
	ITS	Vector clonado	AY508731.1	88 %	96.81 %
C3WC	EF-1α	-----	-----	-----	-----
	ITS	<i>Fusarium sp. voucher</i>	MK540565.1	100 %	99.82 %
F3WC	EF-1α	-----	-----	-----	-----
	ITS	<i>Rhizoctonia solani</i>	LC017861.1	61 %	99.18 %

El Damping-off es una enfermedad que es producido en general por varios géneros de hongos y especies similares a hongos; esto puede ocurrir sobre todo por diferentes condiciones climáticas de temperatura y humedad que se presente en el entorno. En el caso de *Fusarium* y *Rhizoctonia* el crecimiento y desarrollo de estas especies son favorecidas por temperaturas cercanas a 25°C con baja humedad.

El caso de *Pythium* y *Phytophthora* necesitan condiciones de abundante humedad y baja temperatura. Estos escenarios provocan que los hongos atacan a las semillas como a las plántulas jóvenes más debilitadas o estresadas (Hernández Sarmiento & Plasencia Maldonado, 2013; Hyder et al., 2018; Mannai et al., 2020; Rivera-Jiménez et al., 2018). Raras veces las plántulas logran sobrevivir a la enfermedad, por ello es necesario del conocimiento preciso de los patógenos presentes en parcelas de producción para implementar estrategias del manejo adecuado de los cultivos.

## Conclusiones

Se determinó por ITS que las muestras K4Zr, y H1Zr(a) pertenecen a la especie *Fusarium oxysporum*, la muestra H1Zr(b) a la especie *Fusarium falsiforme*. La muestra C3WC al género *Fusarium sp. voucher* y la muestra F3WC a la especie *Rhizoctonia solani*. La muestra E1Vr, no fue identificada por esta vía. La identificación a partir del gen EF-1α se determinó que la muestras K4Zr, H1Zr(a) y E1Vr pertenecen a la especie *Fusarium oxysporum*, al cultivo H1Zr(b) a la especie *Fusarium falsiforme*. Las muestras C3WC y F3WC no pudieron ser identificadas por EF-1α.



## Referencias

- Arora, H., Sharma, A., Sharma, S., Haron, F. F., Gafur, A., Sayyed, R. Z., & Datta, R. (2021). Pythium damping-off and root rot of *Capsicum annuum* L.: Impacts, diagnosis, and management. *Microorganisms*, 9(4), 823.
- Hernández Sarmiento, C. F., & Plasencia Maldonado, J. L. (2013). Biocontrol del mal del semillero, enfermedad causada por los hongos *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp. en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) empleando hongos antagonistas del genero *Trichoderma* sp. a nivel de semilleros.
- Hyder, S., Inam-ul-Haq, M., Ashfaq, M., Ahmad, A., Gondal, A. S., & Iqbal, M. (2018). First report of *Pythium myriotylum* D., causing damping off and root rot in chili pepper (*Capsicum annum* L.) from Punjab, Pakistan. *Plant Disease*, 102(3), 687-687.
- Lamichhane, J. R., Dürr, C., Schwanck, A. A., Robin, M.-H., Sarthou, J.-P., Cellier, V., Messéan, A., & Aubertot, J.-N. (2017). Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(2), 1-25.
- Lema, A. A., Mudansiru, A., Alexander, B. A., Sakinatu, M. J., & Sakinatu, M. (2018). Evaluation of fungal species isolated from three different varieties of pepper (*Capsicum chinense*, *C. frutescens* and *C. annum* L.) in Dutsin-ma, Katsina State. *Ann. Biol. Sci*, 6(1), 13-17.
- Majeed, M., Mir, G. H., Hassan, M., Mohuiddin, F. A., Paswal, S., & Farooq, S. (2018). Damping off in chilli and its biological management—A Review. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7(04), 2175-2185.
- Mannai, S., Jabnoun-Khiareddine, H., Nasraoui, B., & Daami-Remadi, M. (2020). Biocontrol of *Pythium* damping-off on pepper (*Capsicum annum*) with selected fungal and rhizobacterial agents. *International Journal of Phytopathology*, 9(1), 29-42.
- O'Donnell, K., Kistler, H. C., Cigelnik, E., & Ploetz, R. C. (1998). Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(5), 2044-2049.
- Olsen, M. W., & Young, D. (2011). *Damping Off*. College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona (Tucson, AZ).
- Pacasa-Quisbert, F., Loza-Murguía, M. G., Bonifacio-Flores, A., Vino-Nina, L., & Serrano-Canaviri, T. (2017). Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K iphak iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(1), 2-25.
- Pérez-Acevedo, C. E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., Perales-Segovia, C., Enríquez del Valle, R., & Villegas-Aparicio, Y. (2017). Diagnóstico de síntomas y patógenos asociados con marchitez del chile en Valles Centrales de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 281-293.
- Raeder, U., & Broda, P. (1985). Rapid preparation of DNA from filamentous fungi. *Letters in Applied Microbiology*, 1(1), 17-20.
- Rivera-Jiménez, M. N., Zavaleta-Mancera, H. A., Rebollar-Alviter, A., Aguilar-Rincón, V. H., García-de-los-Santos, G., Vaquera-Huerta, H., & Silva-Rojas, H. V. (2018). Phylogenetics and histology provide insight into damping-off infections of 'Poblano'pepper seedlings caused by *Fusarium* wilt in greenhouses. *Mycological Progress*, 17(11), 1237-1249.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 18(1), 315-322.



## EL PASTO BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.) UNA OPCIÓN PARA FITOESTABILIZACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO Y CADMIO

Ricardo Trejo Calzada<sup>1\*</sup>, César Reyes Bernabé<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio, Dgo. \*Autor para correspondencia: rtrejo@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

La contaminación por metales pesados en los suelos es uno de los problemas ambientales más serios. Esta contaminación es derivada de actividades mineras e industriales, principalmente. Las principales fuentes de contaminación son: los sitios que se forman y presentan alrededor de las minas, industrias en desuso, restos de combustibles fósiles, refinerías de aceites, bases militares y el uso de numerosos pesticidas. El impacto de la contaminación por metales pesados afecta tanto al medio ambiente como a la salud humana (Puga et al., 2006; Schwitzguébel et al., 2009; Lajayer et al., 2019). La contaminación por metales pesados en suelos puede ser remediada mediante diversos métodos físicos, químicos y biológicos. Entre los métodos biológicos se encuentra la fitorremediación. La fitorremediación puede llevarse a cabo mediante la aplicación de diversas técnicas. Entre las técnicas de fitorremediación se encuentran la fitoextracción, la rizofiltración, la rizodegradación, la fitovolatilización y la fitoestabilización (Vara & de Oliveira, 2003). Esta última técnica es considerada como una técnica ecológicamente amigable, de bajo costo, con posibilidades de aprovechar la biomasa aérea e incluso con beneficios para el paisaje (Shackira & Puthur, 2019). El pasto buffel es una especie considerada en México como una planta invasora, sin embargo, tiene una gran capacidad de adaptación a ambientes hostiles particularmente en las zonas áridas. Sin embargo, no existen suficientes estudios sobre su utilidad en la remediación de suelos contaminados por metales pesados. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad del pasto buffel *C. ciliaris* en la fitorremediación de suelos contaminados con plomo y cadmio.

### Materiales y métodos

Se estableció un experimento en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en donde los factores variables fueron la concentración de plomo en el suelo (0, 300, 600 y 900 mg kg<sup>-1</sup>) y la concentración de cadmio en el suelo (0 y 15 mg kg<sup>-1</sup>). La unidad experimental consistió en una maceta con 5 kg de suelo. La siembra se realizó directamente en las macetas y cuando la planta alcanzó una altura de 5 cm de altura se procedió a añadir los metales pesados en solución para alcanzar las concentraciones previstas en los tratamientos. A los 94 días después de la siembra se cosecharon las diferentes partes de la planta y se determinó peso seco y la concentración de plomo y cadmio en raíz y parte aérea de la planta con un espectrofotómetro de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS). Se llevó a cabo un análisis de varianza y prueba de medias LSD con el paquete STATISTICA.



## Resultados y discusión

La concentración de plomo en el suelo disminuyó significativamente el crecimiento de las plantas, dado que el peso seco fue menor en plantas crecidas en 600 y 900 mg de Pb Kg<sup>-1</sup>. Por otra parte, la concentración de cadmio no afectó significativamente el peso seco de las plantas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de diferentes concentraciones de plomo y cadmio en el peso seco de plantas de *C. ciliaris* a los 94 días después de la siembra.

Metal pesado	Concentración (mg Kg <sup>-1</sup> )	Peso seco (g)
Plomo	0	8.17 a
	300	7.11 ab
	600	6.77 b
	900	6.19 b
Cadmio	0	7.53 a
	15	6.90 a

La concentración de plomo en la parte aérea de la planta no fue afectada por la concentración del metal en el suelo. Sin embargo, en la raíz hubo un incremento de la concentración de plomo en función de la concentración en el suelo. La máxima concentración de Pb en la raíz fue de 261 mg Kg<sup>-1</sup> (Figura 1). Una tendencia similar se encontró en la acumulación de cadmio. La presencia de cadmio en el suelo no afectó la concentración del metal en los tejidos de la parte aérea de pasto buffel. Por otra parte, la concentración de cadmio aumentó significativamente en las plantas crecidas en suelos con 15 mg Kg de cadmio, con una concentración media de 16.6 mg Kg<sup>-1</sup> (Figura 2).

La contaminación del suelo por metales pesados provoca daños a la planta que se reflejan en una disminución de actividades metabólicas y del crecimiento (Rahman et al., 2019). Las concentraciones de plomo y cadmio en las que inicia una litación del crecimiento de las plantas se ha reportado en valores de 30-300 y 5-30 mg Kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Kabata-Pendias, 2001). En este estudio las concentraciones de plomo mayores de 300 mg Kg<sup>-1</sup> provocaron una reducción del crecimiento, pero las plantas sobrevivieron y mantuvieron a pesar de las relativamente altas concentraciones empleadas. Esto implica que *C. ciliaris* puede sobrevivir y producir biomasa aérea a concentraciones de 600 y 900 mg Kg. Los resultados indican que las concentraciones de cadmio empleadas en este estudio no provocaron una reducción del crecimiento de las plantas del pasto buffel.



La acumulación de los metales Pb en los tejidos *C. ciliaris* no superó a las concentraciones del metal en el suelo. Por tanto, el índice de bioacumulación (IBA) fue menor de la unidad. En cambio, el IBA para cadmio fue ligeramente superior a la unidad cuando las plantas crecieron en presencia del metal. Las plantas se pueden considerar como acumuladoras o hiperacumuladoras de metales cuando el IBA es mayor a la unidad (Adriano, 2001). En cuanto al factor de translocación (FT), calculado como el cociente de la concentración de metal en la raíz dividido la concentración en la parte aérea, fue menor a la unidad tanto para plomo como cadmio. Plantas en las que el  $FT < 1$  son consideradas favorables para la fitoestabilización de suelos contaminados (Nirola et al., 2015).

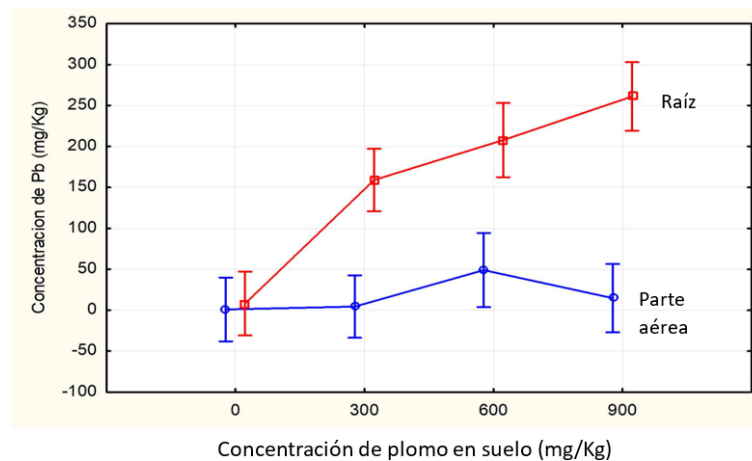


Figura 1. Concentración de plomo en tejidos de la raíz y parte aérea de plantas de *C. ciliaris* crecidas en suelo con diferentes concentraciones de plomo.

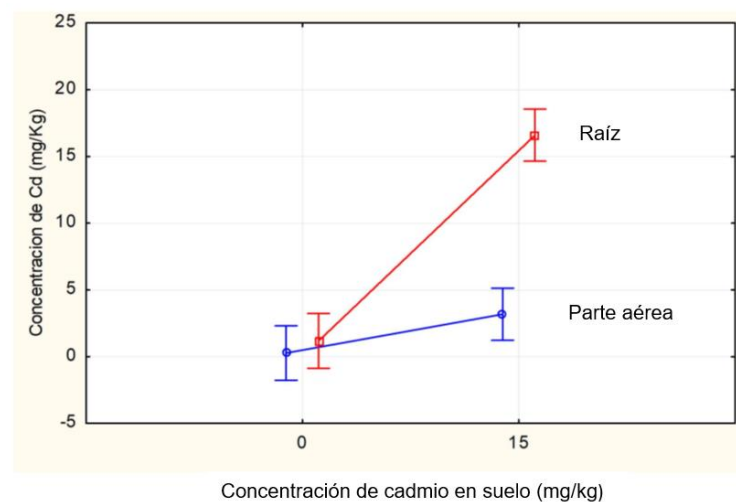


Figura 2. Concentración de cadmio en tejidos aéreos y raíz de plantas de *C. ciliaris* crecidas en suelos con diferente concentración de cadmio.



## Conclusiones

Aún cuando, *C. ciliaris* no puede ser considerada como planta acumuladora de Pb o hiperacumuladora de Cd, los resultados de este trabajo indican que esta planta es capaz de absorber esos metales y el crecimiento se ve mínimamente comprometido. Además, la mayor concentración de los metales se mantiene en la raíz. Por lo tanto, *C. ciliaris* podría emplearse en estrategias de fitorremediación que orientadas a la fitoestabilización de los metales pesados.

## Referencias

- Kabata-Pendias, A. (2001) *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Lajayer, B.A., Moghadam, N.K., Maghsoodi, M.R., Ghorbanpour, M., y Kariman, K. (2019) Phytoextraction of heavy metals from contaminated soil, water and atmosphere using ornamental plants: Mechanisms and efficiency improvement strategies. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 8468–8484
- Nirola R. , Megharaj M. , Palanisami T. , Aryal R., Venkateswarlu K. , Naidu R. (2015). Evaluation of metal uptake factors of native trees colonizing an abandoned copper mine e a quest for phytostabilization. *Journal of Sustainable Mining* 14, 115 -123
- Puga S., Sosa M., Lebgue T., Quintana C., Campos A. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecol. Apl.* 5(1 y 2), 149-155.
- Rahman, Z.; Singh, V.P. (2019). The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: An overview. *Environ. Monit. Assess.*, 191, 419.
- Shackira, A.M., Puthur, J.T. (2019). Phytostabilization of Heavy Metals: Understanding of Principles and Practices. En: Srivastava, S., Srivastava, A., Suprasanna, P. (eds) *Plant-Metal Interactions*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20732-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20732-8_13)
- Schwitzguébel J., Kumpiene J., Comino E, Vanek T. (2009). From green to clean: a promising and sustainable approach towards environmental remediation and human health for the 21st Century. *Agrochimica*, III (4), 1-29.
- Vara PMN, de Oliveira FHM. 2003. Metal hyperaccumulation in plants: Biodiversity prospecting for phytoremediation technology, *Electronic Journal of Biotechnology* 6 (3), 285– 321.





## ESTADO HÍDRICO DE CLADODIOS DE NOPAL TUNERO ROJO LISO EN UN HUERTO COMERCIAL

Valentín Melero-Meraz<sup>1\*</sup>, Jorge A. Zegbe<sup>1</sup>, Miguel Servín Palestina<sup>1</sup>, Mayra Denise Herrera<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Ctra. Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, México. \* Autor de correspondencia: melero.valentin@inifap.gob.mx

### Introducción

El agua es necesaria para la sobrevivencia de las plantas. La escases de agua tiene un efecto directo sobre la fisiología, morfología y a nivel molecular en las plantas. Todos los procesos bioquímicos y fisiológicos dependen de la disponibilidad hídrica. La falta de agua limita la fotosíntesis y muchos procesos metabólicos clave en el desarrollo vegetal y consecuentemente afecta directamente el rendimiento y la productividad de las plantas (Ahmad, 2016).

El movimiento del agua dentro de las plantas obedece a un gradiente de potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) dentro de los tejidos. La teoría más aceptada sobre el patrón de movimiento es que el agua fluye hacia los puntos con poca energía libre. En este sentido se señala los puntos de crecimiento apicales como las regiones donde el agua tiene menos capacidad para realizar trabajo y las zonas basales como los sitios con mayor energía libre (Taiz & Zeiger, 2010); de tal manera que el agua asciende desde la base hasta la parte más alta de la planta obedeciendo al gradiente energético.

El  $\Psi_w$  está directamente relacionado con todos los procesos fisiológicos vegetales; determina la dirección y magnitud de los solutos y metabolitos mediante el flujo de agua. Uno de los procesos más sensibles al déficit de agua es el crecimiento celular, de manera que la sequía reduce la elongación celular la cual repercute directamente en el tamaño de los órganos. La fotosíntesis y la transpiración se abaten cuando déficit hídrico es muy severo, se reduce de la turgencia, la conductancia estomática y la difusión de  $\text{CO}_2$  en el mesófilo esto debido a la gran cantidad de energía que requiere la planta para mover el agua fijada en las partículas del suelo (Hsiao, 1973). El  $\Psi_w$  permite explicar con relativa precisión, la capacidad que tiene un vegetal para extraer el agua del medio e indirectamente indica el estado de hidratación determinado por las características órgano-funcionales. Otra variable asociada al estado hídrico de una planta es el contenido relativo de agua (CRA). Dichas variables toman distintos valores dependiendo del metabolismo y condiciones del entorno (Azcón-Bieto, 2002).

En los agro-ecosistemas áridos es muy limitada la diversidad de especies que se pueden cultivar para obtener alimento. El género *Opuntia* agrupa al nopal del que se aprovechan frutos y cladodios; ambos órganos son utilizados tanto para la alimentación humana como animal. El fruto se consume en fresco y cada día se obtienen más productos originados de todos los órganos del nopal (Nobel, 2002). México se considera como el principal país productor de tuna.



Aunque es una planta adaptada a baja disponibilidad hídrica hay evidencia que al aplicar agua en etapas críticas o bajo un esquema de riegos suplementarios trae consigo beneficios en la calidad y tamaño de la fruta (Melero-Meraz et al., 2022), es por eso que algunos productores han optado por aplicar al menos tres riegos durante el ciclo agrícola.

La escasez de agua es un problema real y muy complejo para millones de personas que radican en zonas áridas y semiáridas de todo el mundo. La población crece continuamente y la superficie arable per cápita es más reducida cada día. Es por ello que se requiere el estudio de la dinámica del agua en las plantas con el fin de diseñar las mejores estrategias para hacer un uso eficiente del agua.

El objetivo de este trabajo fue observar la dinámica del potencial hídrico y contenido relativo de agua en nopal tunero 'Rojo Liso' (*Opuntia ficus-indica*)

## Materiales y métodos

El experimento se estableció durante el ciclo 2022 en una huerta comercial de tuna del cultivar 'Roja Lisa' (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) de 15 años de edad ubicada en la comunidad 'La Victoria', Pinos Zacatecas (22° 22' N, 101° 67' O, elevación 2,161 msnm). Las plantas están establecidas en un marco de 5.6 m x 2.7 m. Los tratamientos fueron: sin riego ("temporal") y riego de auxilio. El ensayo se condujo en un diseño aleatorio con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental tuvo dos plantas. Una sección de la huerta recibió al menos tres riegos durante la época seca (abril-junio) con un sistema por goteo. Para el trabajo se tomaron datos de precipitación y evapotranspiración con una estación agro climatológica automatizada.

Para la determinación del  $\Psi_w$  se utilizaron diferentes soluciones de manitol con una concentración conocida. La concentración fue transformada en tensión usando el algoritmo de Van't Hoff  $\Psi_w = -CiRT$ . C = Concentración de solutos ( $\text{mol kg}^{-1}$ ); i = constante de ionización (manitol,  $i=1$ ); T = temperatura absoluta [ $^{\circ}\text{K} = (^{\circ}\text{C} + 273)$ ]; R = constante de los gases ( $0.00831 \text{ MPa kg } ^{\circ}\text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ). Para determinar el punto de equilibrio tónico equivalente al  $\Psi_w$  se generaron modelos de regresión polinómica de segundo grado. Se utilizó la fórmula general  $x = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$  para ecuaciones de segundo grado para obtener el valor de la tensión cuando el cambio de peso en el tejido es 0.

El CRA se determinó de la siguiente forma: se utilizaron muestras de tejido que se pesaron individualmente para determinar el peso fresco del tejido, la masa del tejido turgente (MT) y la materia seca (MS). Las muestras de tejido se colocaron en los tubos Eppendorf y se hidrataron por hasta alcanzar la máxima turgencia y se determinó la MT. Posteriormente, para determinar la MS, las muestras se secaron en estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  a masa constante. Finalmente, el CRA (%) se calculó usando la expresión:  $\text{CRA} = ((\text{MF} - \text{MS}) / (\text{MT} - \text{MS})) \times 100$ .



Las variables fueron sometidas a análisis de varianza y una comparación de medias para aquellos valores que resultaron significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) con los softwares Minitab v.17 y Sigma plot v.14.

## Resultados y discusión

La región donde se realizó el estudio presentó periodo de déficit hídrico entre el mes de marzo (durante la floración) y el mes de junio. La evapotranspiración parcial y acumulada fue superior a la precipitación pluvial (Figura 1). Esto implica un déficit hídrico, situación que contribuye a un desbalance en el metabolismo del vegetal (Bray, 1997; Ahmad, 2016; Kirkham, 2014).

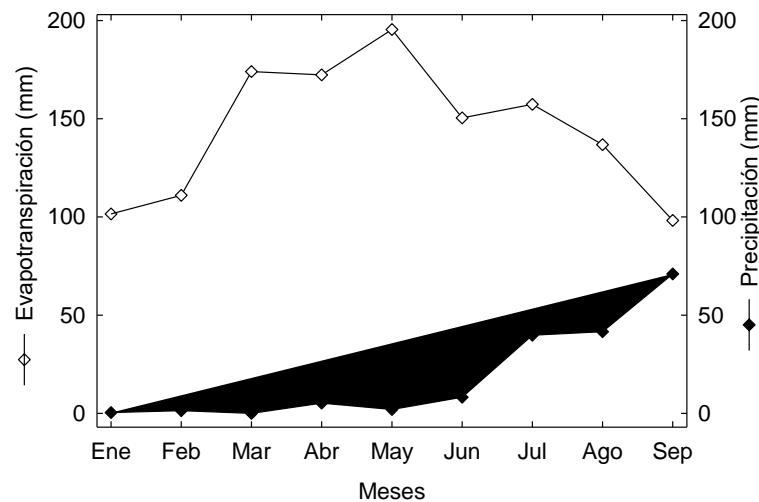


Figura 1. Dinámica de evapotranspiración y precipitación en la Victoria, Pinos, Zacatecas.

El  $\Psi_w$  fue significativamente diferente ( $p < 0.000$ ) entre las dos condiciones de riego o sin riego. Las plantas irrigadas presentaron un mayor potencial hídrico que las que no disponían de riego (Figura 2). El patrón irregular a durante el ciclo puede ser explicado por la disponibilidad de agua y desde un nivel de succulencia ya que esta característica inicia a nivel celular. Estas plantas desarrollaron grandes vacuolas centrales capaces de almacenar agua por largos periodos de tiempo que le facilitan mantener la homeostasis y amortiguar el abastecimiento errático proveniente de las lluvias Además contienen altas cantidades de mucilago que contribuye significativamente en el almacenamiento (Ogburn & Edwards, 2010).

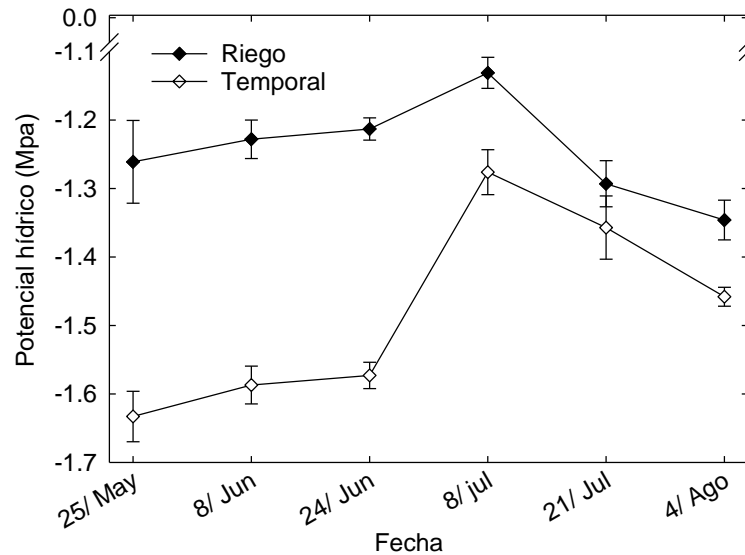


Figura 2. Cambios en el potencial hídrico de nopal tunero en condiciones de riego o de temporal, en la Pinos, Zacatecas.

Las fechas de medición también presentaron diferencias entre sí ( $p=0.006$ ), en las plantas no irrigadas fue más evidente el cambio en el potencial hídrico, mantuvo una tendencia a incrementarse con el periodo de lluvias (Figura 2). Conforme hubo una mayor disponibilidad de agua por las lluvias o por el riego el  $\Psi_w$  se hizo menos negativo; lo que indica una menor cantidad de energía por la planta para extraerla del suelo (Ogburn y Edwards, 2010). Las células que contribuyen a la succulencia dentro de los tejidos poseen un tejido especializado, poseen cantidades mínimas de clorofila estos son capaces de mantenerse turgentes aun en periodos de sequía cortos o de mantener el metabolismo mínimamente activo en condiciones de sequía severa; pueden colapsar en condiciones de sequía extrema (Ogburn y Edwards, 2010).

Al igual que el  $\Psi_p$  el contenido relativo de agua presentó diferencias entre los tratamientos ( $p.002$ ) donde en promedio el tejido de las plantas no irrigadas requerían mayor cantidad de agua para alcanzar la máxima turgencia (Figura 3) indicador del déficit de agua.

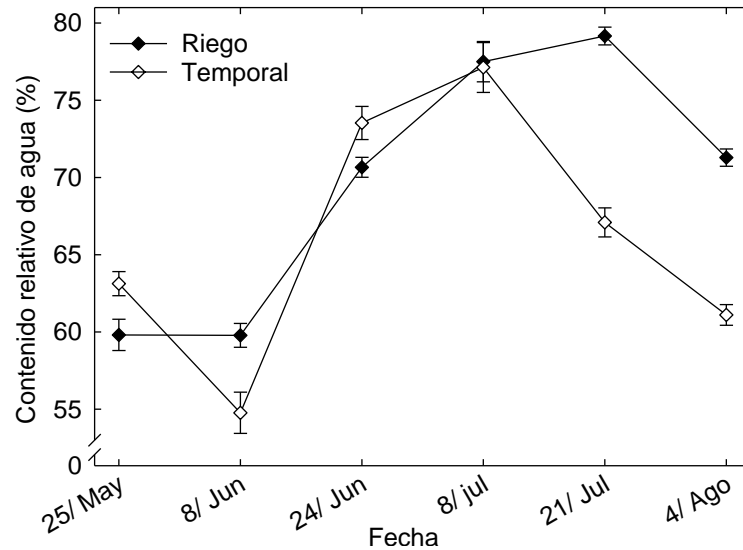


Figura 3. Cambios en el contenido relativo de agua en nopal tunero en Pinos, Zacatecas.

Durante el periodo experimental se observaron diferencias ( $p < 0.000$ ) de CRA en las diferentes fechas de medición (Figura 3). La información indicó que el nopal cultivado en condiciones de temporal en las regiones áridas y semiáridas presenta un periodo de estrés tanto por déficit como por exceso de agua y presenta un menor volumen de agua en los tejidos que cuando es irrigado. El tejido fue recuperando su turgencia conforme hubo disponibilidad de agua. De acuerdo con Barcikowski (1984) el tejido especializado en almacenar agua puede contener de un 50 a 70 % pero puede llegar a 95 % del total de su peso. Estos cambios estacionales es el reflejo de la disponibilidad de agua en un momento específico durante el ciclo de cultivo del nopal tunero. Esto puede ser una herramienta útil para diseñar un calendario de riego para usar el agua de una manera más eficiente.

## Conclusiones

Los valores más bajos el  $\Psi_p$  y el CRA registraron durante la época del año de escasa o nula precipitación para las plantas que no disponían de riego; pero se recuperaron las escasas precipitaciones que se presentaron. Ambos parámetros son buenos indicadores del estado hídrico del nopal tunero; por lo tanto, podrían considerarse como un insumo en calendarios de riego en beneficio del ahorro y conservación del agua, pensando en una estrategia de uso eficiente del agua.



## Referencias

- Ahmad, P. (2016). *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach* (Vol. 2): Wiley.
- Azcón-Bieto, J. (2002). *Fundamentos de fisiología vegetal*: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Barcikowski, W., & Nobel, P. S. (1984). Water Relations of Cacti During Desiccation: Distribution of Water in Tissues. *Botanical Gazette*, 145(1), 110-115. doi: 10.1086/337433
- Bray, E. A. (1997). Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*, 2(2), 48-54. doi: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)82562-9](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)82562-9)
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual review of plant physiology*, 24:519-570.
- Kirkham, M. B. (2014). *Principles of Soil and Plant Water Relations*: Elsevier Science.
- Melero-Meraz, V., Zegbe, J. A., Herrera, M. D., Guzmán-Maldonado, S. H., Medina-García, G., Sánchez-Toledano, B. I., Servín-Palestina, M. (2022). On-Farm Supplemental Irrigation of 'Roja Lisa' Cactus Pear: Pre- and Postharvest Effects. *Horticulturae*, 8(6), 483.
- Nobel, Park S. (2002). *Cacti: biology and uses*. University of California Press. 280 p.
- Ogburn, R. M., & Edwards, E. J. (2010). The Ecological Water-Use Strategies of Succulent Plants. In J.-C. Kader & M. Delseny (Eds.), *Advances in Botanical Research* (Vol. 55, pp. 179-225): Academic Press.
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2010). *Plant physiology fifth edition*. Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates inc., publishers.



## RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Y EL PESO DE SEMILLA DE *Argemone spp.* EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE

Perla Patricia Ochoa-García<sup>1\*</sup>, Fabián García González<sup>1</sup> Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>, Maria del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1</sup>, Luis Ángel González Espíndola<sup>1</sup>, Jesús Josafath Quezada-Rivera<sup>2</sup>, Jaime Sánchez Salas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Ctra. Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. <sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Campus Gómez Palacio. Av. Universidad s/n. Col. Filadelfia, C.P.35010. Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: pochoa@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

El Desierto Chihuahuense (DC) es una de las regiones áridas más extensas y biológicamente diversas del Norte de América (Hoyt, 2002). Dicha área tiene una superficie aproximada de 647 500 Km<sup>2</sup> (Hoyt, 2002). El DC se sitúa en la parte norcentral de México, entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental (Granados-Sánchez et al., 2011), se extiende hasta el sur de los Estados Unidos y abarca porciones bajas de los estados de Chihuahua y Coahuila, así como partes de Durango, Zacatecas, Nuevo León y San Luis Potosí (Sánchez-González & Granados-Sánchez, 2003).

El DC se integra por cuatro ecorregiones; Apache, Chihuahua del Norte, Chihuahuense Central y Meseta Central (Dinerstein et al., 2001). La vegetación del DC se diferencia en cada ecorregión (Granados-Sánchez et al., 2011). La zona Apache tiene la proporción más alta de pastizales, así como, chaparrales, bosques y bosques montanos. La subregión Chihuahua del Norte tiene un paisaje dominado por matorral desértico chihuahuense. La vegetación preponderante en el área Chihuahuense Central son los pastizales semidesérticos constituyendo el 8% de la subregión. La zona denominada Meseta Central cuenta con una mayor área agrícola en comparación con las ecorregiones antes mencionadas (Dinerstein et al., 2001). Las características edáficas de un ecosistema se asocian con la proliferación de ciertas especies vegetales. Las características del suelo presentes en ecosistemas de matorral xerófilo se asocian con tres tipos básicos de vegetación. El matorral desértico micrófilo asociado a suelos de aluvión; matorral desértico rosetófilo en rocas calizas y terrenos de buen drenaje y matorral desértico crassicaule ligado a rocas y suelos de naturaleza ígnea (Rzedowski, 1978).

Los matorrales xerófilos proliferan en diferentes topografías y no tienen grandes exigencias en las características de suelo (Rzedowski, 1978). Las especies del género *Argemone* tienen una gran distribución en el DC. Estas plantas se encuentran comúnmente en bordes de carreteras y en campos de cultivo en estado de abandono (Alemayehu, 2011; Jimoh, 2010; Rajvaidhya et al., 2012). Las plantas de *Argemone* han sido empleadas en la herbolaria tradicional debido a su alto contenido de alcaloides (Bairagi et al., 2017). Las semillas de *Argemone* tienen un alto potencial de aprovechamiento debido a su elevado contenido de aceites (Rao et al., 2012; Trejo-Calzada et al., 2019), sin embargo al ser considerada como una maleza su ecología no ha sido estudiada ampliamente.



Las características del suelo suelen influir en la morfología de las plantas (Rzedowski, 1978). Por lo cual, el objetivo de este estudio fue encontrar la relación entre las características físicas del suelo y el peso de semillas de *Argemone spp.*, en el DC.

## Materiales y métodos

Las semillas fueron recolectadas en abril 2021 y abril 2022 en diferentes zonas que forman parte del DC (Cuadro 1).

Cuadro 1: Localización geográfica de las poblaciones muestreadas de *Argemone spp.*

Población	Denominación	Ubicación	Altitud
Cuencamé, Dgo.	Cuencamé1	24°11'N; 103°37' W	2111 m
Cuencamé, Dgo.	Cuencamé2	24°36'N; 103°31' W	1836 m
Lerdo, Dgo.	Lerdo	25°29'N; 103°33' W	1138 m
Mapimí, Dgo.	Mapimí1	26°29'N; 104°12' W	1227 m
Mapimí, Dgo.	Mapimí2	26°21'N; 104°20' W	1294 m
Miguel Auza, Zac.	Mauza1	24°5' N; 103°16' W	2154 m
Miguel Auza, Zac.	Mauza2	24°5' N; 103°16' W	2120 m
Juan Aldama, Zac.	Jaldama	24°5' N; 103°16' W	2171 m
José Mariano Jiménez, Chih.	Jiménez	27°23'N; 104°56'W	1305 m
Francisco I. Madero, Coah.	Madero	25°46'N; 103°6' W	1112 m

En cada una de las zonas de estudio seis especímenes se eligieron de forma aleatoria. De cada espécimen se recolectaron cinco frutos. De los cuales se extrajo el total de las semillas para cada zona. El peso se determinó en 30 semillas de cada población empleando una balanza analítica ADAM®. Las muestras de suelo consistieron en muestras compuestas recolectadas bajo los estatutos de la NOM-021-RECNAT-2000. La determinación de la textura de suelo se realizó con el procedimiento Bouyocous a través del método AS-09. La materia orgánica se determinó mediante el procedimiento Walkely y Black (AS-07) (SEMARNAT, 2002). Los datos se analizaron mediante pruebas de normalidad, ANOVA de una vía con un nivel de significancia  $\alpha < 0.05$  para definir posibles diferencias entre las variables mencionadas. Posteriormente, en la prueba de medias de Tukey se consideró con una  $P \leq 0.05$ . El análisis de Correlación de Pearson se empleó para evaluar correlaciones entre las variables  $P \leq 0.05$ . La información se procesó en los programas Minitab® 17 Statistical Software, PASW versión 18.0.0 Chicago, SPSS Inc.

## Resultados y discusión

Las semillas de las poblaciones analizadas mostraron diferencias significativas en peso ( $F=45.24$ ,  $P = 0.001$ ) (Cuadro 2). Las semillas analizadas de Cuencamé1 tuvieron el peso más elevado. En contraste, las semillas de Cuencamé2 que mostraron tener el peso más reducido.



Cuadro 2: Peso de semilla de *Argemone spp.*, colectadas en diferentes sitios del Desierto Chihuahuense

Población	Peso (mg)
Cuencamé2	1.65±0.41e
Jiménez	1.76±0.26e
Lerdo	1.82±0.32e
Mapimí1	2.09±0.28d
Jaldama	2.14±0.30d
Mauza1	2.18±0.41d
Mapimí1	2.26±0.33cd
Mauza2	2.52±0.29bc
Madero	2.67±0.22ab
Cuencamé1	2.90±0.41a

Nota: Los valores se muestran como la media  $\pm$  error estándar. Literales diferentes indican diferencia significativa entre las poblaciones (Tukey,  $p < 0.05$ ,  $n=30$ ).

Las diferencias en el tamaño de las semillas pueden atribuirse a las diferentes ecorregiones en las que se encuentran las poblaciones de muestreo. Las diferencias de las condiciones ambientales a las que son sometidas las plantas tales como temperatura y recurso hídrico suelen influir en el peso de la semilla (Ayala-Cordero et al., 2004). Diversos autores han reportado que diferencias de peso aún en escalas de mg pueden implicar cambios en las capacidades de supervivencia de las semillas (Sánchez-Salas et al., 2006). Loza-Cornejo (2004) encontró una correlación significativa entre el largo de la semilla y el peso de ésta, sugiriendo un efecto importante de la biomasa de la semilla en el inicio de la germinación (Loza-Cornejo, 2004).

Las texturas de suelo encontradas en las poblaciones evaluadas fueron: Franco Arcillo Arenoso, Franco Limoso, Franco Arenoso, Franco Arcillosos y Arcilloso. Lo cual coincide con lo reportado por Rezedowski (1978) donde describe diferentes tipos de suelo para zonas del DC (Rzedowski, 1978). Las poblaciones de Lerdo, Mapimi1 y Mapimi2 presentaron una textura de suelo Franco Arcillo Arenoso. El suelo Franco Limoso se encontró en las muestras analizadas de Mauza2, Jaldama y Madero. Por otro lado, los suelos Franco Arcillosos se reportaron en Mauza1 y Jiménez. Cuencamé1 y Cuenamé2 presentaron texturas diferentes de suelo, Arcilla y Franco Arenoso respectivamente. Los porcentajes de arena, limo y arcilla total se muestran en la Figura 2. Los porcentajes de materia orgánica se consideran de bajos a muy bajos. La población con mayor materia orgánica fue Mapimí1 (1.64%), contrastando con Lerdo con solo el 0.58%. Los ecosistemas áridos se caracterizan por una cubierta y biomasa vegetal baja. En dichos ecosistemas las plantas perennes de larga vida suelen formar parches de biomasa, intercalados por superficies casi desnudas, lo cual se traduce en suelos con bajos contenidos de materia orgánica (Huenneke et al., 2001).

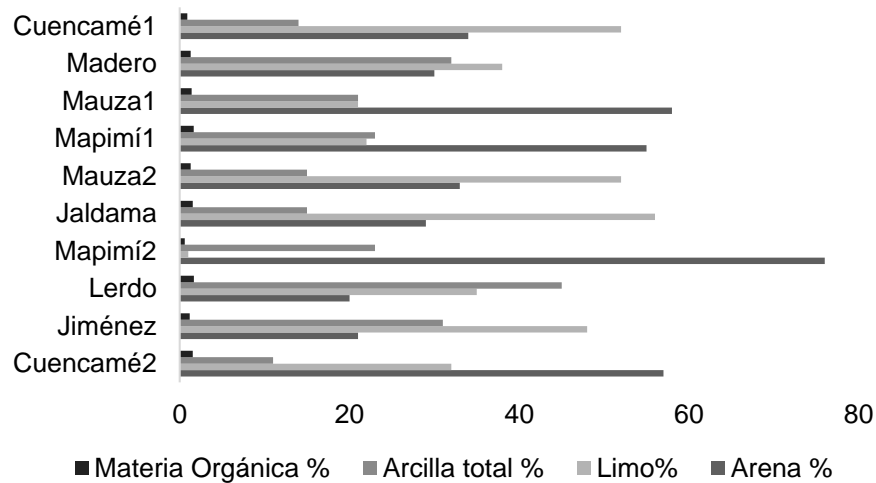


Figura 2: Porcentajes de Materia Orgánica, Arcilla total, Limo y Arena presentes en suelo de las poblaciones evaluadas

En la Figura 3 se muestra que hubo una correlación significativa entre el peso de la semilla y el porcentaje de arena presente en el suelo  $P= 0.05$ . Así mismo se observa una correlación entre el porcentaje de limo y arena  $P= 0.003$ . Dicha correlación se ve reflejada en los porcentajes de limo y arena presentes en las muestras analizadas. La calidad del suelo es fundamental para el desarrollo vegetal. Las características físicas del suelo como su estructura y agregados facilitan la llegada de agua y oxígeno a las raíces de las plantas (CAS, 2017). El suelo franco es uno de los tipos de suelo con mayor productividad agrícola, ya que tiene proporciones de arena, limo y arcilla idónea para el crecimiento vegetal. La composición del suelo franco se considera: 45% arena, 40% limo y 15% arcilla (Sánchez, 2019). El contenido de arena en la composición del suelo podría ser un factor que interfiera en el peso de la semilla. Esto debido a que la cantidad de arena presente en suelo puede influir en la retención o pérdida de agua (Sánchez, 2019). Sin embargo, en este trabajo se encontró una mayor correlación del peso del contenido de arena con el peso de la semilla.

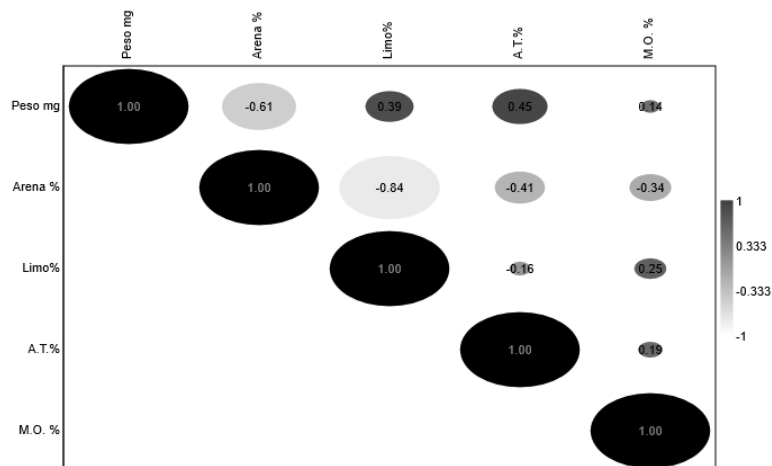


Figura 3: Coeficientes de Correlación de Pearson. AT: Arcillas Totales; M.O: Materia Orgánica



## Conclusión

Las semillas de *Argemone* provenientes de diferentes municipios del DC prestaron diferencias significativas en su peso. Los sitios evaluados presentaron texturas de suelo Franco Arcillo Arenoso, Franco Limoso, Franco Arcilloso, Franco Arenoso y Arcilloso con bajos contenidos de materia orgánica. El peso de la semilla tuvo una mayor correlación con el porcentaje de arena seguido por el porcentaje de arcilla. El contenido de materia orgánica parece no tener influencia sobre el peso de semilla de *Argemone spp.*

## Referencias

- Alemayehu, K. (2011). Prevalence and effects of *Argemone Mexicana* (Papaveraceae) on biodiversity in Ethiopia. *Afr. J. Ecol*, 50(2), 160-166.
- Ayala-Cordero, G., Terraza, T., López-Mata, L., & Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29(12), 692-697.
- Bairagi, S. M., Pathan, I. B., & Nitin, N. (2017). Evaluation of diuretic and laxative activity of aqueous extract of *Argemone mexicana* leaves in rats. *Ars Pharm*, 58.
- CAS. (2017). Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos. from <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>
- CNF. (2018). Las zonas áridas son más que desierto. from <https://www.gob.mx/conafor/es/articulos/las-zonas-aridas-son-mas-que-desierto?idiom=es>
- Dinerstein, E., Olson, D., Montoya, J., Loucks, C., contreras-Balderas, S., Abell, R., Castilleja, G. (2001). Ecoregion-based Conservation in the Chihuahuan Desert: a Biological Assessment.
- Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Linnx-Granados, V. R., & Borja-De-la-Rosa, A. (2011). Ecología de la vegetación del desierto Chihuahuense. *Revistas Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVII (Edición Especial), 111-130.
- Hoyt, C. A. (2002). The Chihuahuan Desert: Diversity at Risk. *ENDANGERED SPECIES BULLETIN*, XXVII (2), 16-17.
- Huenneke, L. F., Clason, D., & Muldavin, E. (2001). Spatial heterogeneity in Chihuahuan Desert vegetation: implications for sampling methods in semi-arid ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 47, 257-270.
- Jimoh, F., Adedapo, A., Aliero, A., Afolayan, A. (2010). Polyphenolic and biological activities of leaves extracts of *Argemone subfusiformis* (Papaveraceae) and *Urtica urens* (Urticaceae). *Rev. Biol. Trop.*, 58(4), 1513-1531.
- Loza-Cornejo, S. (2004). Características del desarrollo de plántulas de seis especies de *Pachycereaceae* (Cactoideae-Cactaceae). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. (157)
- Rajvaidhya, S., Nagori, B. P., Singh, G. K., Dubey, B. K., Desai, P., & Sanjay, J. (2012). A review on *Argemone mexicana* Linn.- An Indian medicinal plant. *IJPRS*, 3(08).
- Rao, R., Zubaidha, P., Kondhare, D., Reddy, N., & Deshmukh, S. (2012). Biodiesel production from *Argemone mexicana* seed oil using crystalline manganese carbonate. 14(1), 65.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México* (1 ed.): Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez-González, A., & Granados-Sánchez, D. (2003). Ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de gradientes ambientales. *TERRA*, 21(3), 311-319.
- Sánchez-Salas, J., Flores, J., & Martínez-García, E. (2006). Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire. (CACTACEAE), Especie amenazada de extinción. *Interciencia*, 31, 371-375.
- Sánchez, M. (2019). ¿Cuáles son las características del suelo franco?, from [https://www.jardineriaon.com/suelo-franco.html?msclkid=12f7f96cabd811ecb47cb042aa59d3fe#Suelo\\_franco-arenoso](https://www.jardineriaon.com/suelo-franco.html?msclkid=12f7f96cabd811ecb47cb042aa59d3fe#Suelo_franco-arenoso)
- SEMARNAT. (2002). NOM-021-RECNAT-2000. Estados Unidos Mexicanos Diario Oficial de la Federación.
- Trejo-Calzada, R., Villarreal-Ornelas, E. C., Sánchez-Cohen, I., Agustín Velásquez-Valle, M. A., & BuendíaTamariz, M. N. (2019). Producción de biodiesel a partir de semillas de *Argemone pleiacantha* Greene. *Tecnología en Marcha*, 32(Especial XIII CLIA), 109-114.



## CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN EL SUELO CULTIVADO CON *Lotus corniculatus* L. EN DOS REGÍMENES DE HUMEDAD

Luis Ángel González-Espíndola<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1\*</sup>,  
María del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1</sup>, Perla Patricia Ochoa-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. \*Autor para correspondencia: rtrejo@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

La Comarca Lagunera situada al norte de México forma parte de las zonas áridas de México. La exploración de cultivos alternativos con un requerimiento hídrico menor es de vital importancia para el mantenimiento de las actividades agropecuarias de la región debido que actualmente dicha actividad se sustenta principalmente en el cultivo de alfalfa (Pedroza Sandoval et al., 2014). Por tanto, la introducción de cultivos forrajeros alternativos debe tener como base un fácil establecimiento. Una de estas alternativas son las plantas del género *Lotus*, las cuales se adapta a suelos con altos contenidos de arcillas, pero requiere buen drenaje y escaso anegamiento por largos periodos; tiene buen desarrollo en suelos con baja fertilidad y particularmente, baja disponibilidad de P y K (Charlton, 1983). Sin embargo, son escasos los estudios que relacionen la absorción de nutrientes por *L. corniculatus* con la humedad del suelo. El objetivo del presente estudio consistió en determinar el comportamiento de los nutrientes presentes en el suelo donde se cultivó el ecotipo "202700" de *Lotus corniculatus* en dos niveles de humedad.

### Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo de marzo de 2021 a mayo de 2022. El experimento se estableció en mallasombra en la URUZA-UACH. 25°53'5" LN y 103°36'43" LO y 1115 msnm. El material vegetal fue el ecotipo "202700" de *L. corniculatus* proporcionado por el COLPOS, Montecillos, México. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con tres repeticiones La unidad experimental (UE) fue una planta por maceta con una mezcla de suelo (suelo, composta, arena; 50/30/20). El contenido de humedad por tratamiento se calculó empleando la capacidad de campo (27%) y el punto de marchitez permanente (18%) para el diseño de los tratamientos se consideró la humedad aprovechable. La humedad se definió en dos niveles: alto en el que se mantuvo la humedad entre 23-27 %) y bajo en el que la humedad se mantuvo entre 18-22 %).

Al inicio del estudio se realizó un análisis de la mezcla de suelo (condición inicial). Al término del experimento, la recolección de una muestra del perfil completo de suelo de cada maceta se realizó con una barrena manual. La muestra consistió en 1 kg de suelo. El suelo fue secado a temperatura ambiente y tamizado con malla de 2 mm. La preparación de muestras y análisis se realizaron de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 y al manual de análisis de suelo y tejido vegetal del Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT (McKean, 1993).



Las variables medidas en el suelo donde se desarrolló la planta de *L. corniculatus* fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD), macroelementos (nitrógeno y fósforo), cationes solubles (potasio, calcio, sodio, magnesio), aniones solubles (carbonatos, bicarbonatos cloruros y sulfatos), micronutrientes (hierro, cobre, manganeso y zinc). Los datos fueron analizados usando el SPSS, 18.0 mediante un análisis de varianza con prueba de comparaciones múltiples (Prueba de Duncan;  $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para el análisis de salinidad (Cuadro 1) mostraron diferencias estadísticas significativas en las variables de pH ( $F=25.14$ ,  $p \leq 0.001$ ), CE ( $F=4.86$ ,  $p \leq 0.001$ ) y STD ( $F=7.34$ ,  $p \leq 0.001$ ). Los cambios observados en el pH son explicados por la disminución del contenido de iones  $H^+$ , lo cual puede significar que se modifique la absorción de algunos nutrientes (Brady & Weil, 1999).

En el caso de *Lotus corniculatus*, los reportes indican que este se desarrolla preferentemente en suelos ácidos (Álvarez-Vázquez et al., 2018; Santacoloma et al., 2014), por lo que una disminución del pH puede favorecer el crecimiento. Respecto a la CE y STD, la relación indica que mientras mayor sea la cantidad de STD mayor es la CE, esto debido a la disociación de iones. De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000, la clasificación del suelo pasó de ser un suelo salino para la condición inicial y en el nivel de humedad de 23-27% (4.1-8.0 dS  $m^{-1}$ ) a moderadamente salino (2.1-4.0 dS  $m^{-1}$ ).

Los resultados de aniones solubles como cloruros y sulfatos mostraron diferencias estadísticas ( $F=26.68$ ,  $p \leq 0.001$ ;  $F=10.36$ ,  $p \leq 0.001$ ) (Cuadro 1) entre el suelo en su condición inicial y el estado final en ambos niveles de humedad. En el suelo, el ión cloruro se encuentra unido a distintos cationes (Na, K, Ca, Mg) por tanto, existe una asociación entre la CE y altas concentraciones de cloruros (Arrieché Luna et al., 2013), lo cual concuerda con los datos obtenidos para dichos parámetros.

Los sulfatos tuvieron una relación inversa al pH, coincidiendo valores de pH bajos con altos contenidos de sulfato. Adicionalmente, los resultados para los cationes solubles en el rango de humedad bajo presentaron los valores más bajos. Particularmente el sodio, que tuvo una disminución de 113 a 30.48 mmol  $L^{-1}$  en el suelo con alta humedad y a 6.77 mmol  $L^{-1}$  en el suelo con el rango de baja humedad.



Cuadro 1. Contenido de sales en suelo cultivado con el ecotipo "202700" de *Lotus corniculatus* en dos contenidos de humedad en comparación con la condición inicial de suelo.

Nivel de humedad	Análisis de salinidad		
	Condición inicial	18-22%	23-27%
pH	7.73 <sup>a</sup>	7.52 <sup>b</sup>	7.48 <sup>b</sup>
Conductividad eléctrica (CE, dS m <sup>-1</sup> )	7.47 <sup>a</sup>	2.89 <sup>c</sup>	4.87 <sup>b</sup>
Sólidos totales disueltos (STD, ppm) mmol L <sup>-1</sup>	3732.0 <sup>a</sup>	1451.6 <sup>c</sup>	2269.3 <sup>b</sup>
Aniones solubles			
Carbonatos (CO <sup>2-</sup> ) 3	ND	ND	ND
-	0.200 <sup>a</sup>	0.193 <sup>a</sup>	0.180 <sup>a</sup>
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )			
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	34.00 <sup>a</sup>	9.33 <sup>b</sup>	14.50 <sup>b</sup>
-	424.7 <sup>a</sup>	226.2 <sup>b</sup>	344.6 <sup>a</sup>
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )			
Cationes solubles			
Calcio (Ca)	11.66 <sup>a</sup>	8.10 <sup>b</sup>	10.00 <sup>ab</sup>
Potasio (K)	21.02 <sup>a</sup>	4.76 <sup>b</sup>	6.71 <sup>b</sup>
Sodio (Na)	113.00 <sup>a</sup>	6.77 <sup>c</sup>	36.48 <sup>b</sup>
Magnesio (Mg)	16.40 <sup>a</sup>	5.05 <sup>b</sup>	7.51 <sup>b</sup>

Literales iguales horizontales representan diferencias estadísticas no significativas (Duncan,  $p \leq 0.05$ ).

ND: no detectado por la sensibilidad del método.

El N no mostró diferencia estadística con respecto al inicio y término del experimento (Cuadro 2). Este resultado indica que posiblemente hubo una adecuada fijación de N por la planta, y, por tanto, no representa cambios en el N del suelo. Dicha asunción concuerda con el estudio realizado en lotes comerciales de *Lotus corniculatus* en Uruguay, donde hubo un incremento de 1.5% a 4.5 % de N, lo que significó una fijación biológica eficiente (Barbazán et al., 2000).

En el análisis de fertilidad realizado, el fósforo presentó diferencias significativas ( $F=52.74$ ,  $p \leq 0.001$ ) (Cuadro 2). De acuerdo con los resultados propuestos por (Barbazán et al., 2000), el valor crítico para P en *L. corniculatus* en las regiones del sur y litoral uruguayo es inferior a 10 - 12 mg Kg<sup>-1</sup>. Nuestros resultados presentaron concentraciones 5 veces superiores al valor crítico en la condición inicial y en el rango de humedad de 18-22%. Siendo ligeramente menor en el rango de humedad de 23-27%. El alto contenido de P detectado puede tener su origen en la composta añadida a la mezcla inicial. Esto coincide con el uso de fuentes orgánicas de fósforo proveniente del rastrojo, estiércol o materia orgánica contribuye con el fósforo presente en el suelo y dicha disponibilidad se relaciona con la temperatura y la humedad para incrementar la descomposición de la materia orgánica y por ende la utilización del P (INTAGRI, 2017).



Cuadro 2. Análisis de nutrientes en suelo cultivado con el ecotipo “202700” de *Lotus corniculatus* en dos contenidos de humedad en comparación con la condición inicial de suelo.

Nivel de humedad	Análisis de fertilidad		
	Condición Inicial	18-22%	23-27%
mg kg <sup>-1</sup>			
	Macronutrientes		
Nitrógeno (N)	31.11 <sup>a</sup>	27.51 <sup>a</sup>	32.75 <sup>a</sup>
Fósforo (P)	77.39 <sup>a</sup>	75.74 <sup>a</sup>	64.88 <sup>b</sup>
	Micronutrientes		
Cobre (Cu)	1.905 <sup>a</sup>	0.800 <sup>b</sup>	0.905 <sup>b</sup>
Hierro (Fe)	11.52 <sup>a</sup>	2.28 <sup>b</sup>	2.04 <sup>b</sup>
Manganeso (Mn)	12.34 <sup>a</sup>	0.755 <sup>b</sup>	0.965 <sup>b</sup>
Zinc (Zn)	4.50 <sup>a</sup>	0.720 <sup>c</sup>	1.54 <sup>b</sup>

Literales iguales horizontales representan diferencias estadísticas no significativas (Duncan,  $p \leq 0.05$ ).

## Conclusión

En el suelo donde se cultivó el ecotipo “202700” el pH disminuyó en la misma proporción en los dos regímenes de humedad empleados, en tanto que la CE y STD disminuyeron en mayor proporción en el suelo mantenido en condición de humedad baja. Esta misma tendencia se observó para el ion sodio. El contenido de N se mantuvo en la concentración del suelo inicial, el fósforo disminuyó solamente en suelo manejado con alta humedad, mientras que el calcio disminuyó solamente en el suelo manejado con humedad baja. Una tendencia similar se encontró en la concentración de zinc. El resto de los micronutrientes cuantificados cobre, hierro y manganeso disminuyeron en forma similar en suelo con alto y bajo contenido de humedad en el suelo.

## Referencias

- Álvarez-Vázquez, P., Hernández-Garay, A., García-de los Santos, G., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Cerrilla, M. E., Wilson-García, C. Y. (2018). Potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L. con diferentes estrategias de manejo. *Agroproductividad*, 11(July), 24–28.
- Arrieche Luna, I., Ruiz Dager, M., & León Rodríguez, M. (2013). Interferencia de cloruros en la determinación del carbono orgánico en suelos agrícolas. *Multiciencias*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/904/90430055006.pdf>
- Brady, N.C. and Weil, R.R. (1999) *The Nature and Properties of Soils*. 12th Edition, Prentice Hall Publishers, London, 1-9, 453-536, 727, 739-740.
- Charlton, J.F.L. 1983. *Lotus and other legumes*. p. 253-257. In G.S. Wratt and H.C. Smith (eds.). *Plant Breeding in New Zealand* Butterworths, Wellington, New Zealand.
- NOM-021-RECNAT-2000 (NORMA Oficial Mexicana). 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.
- Gil, R. C. (2007). El ambiente del suelo y el crecimiento de las raíces. *Miscelánea*, 107, 12– 16.
- INTAGRI. 2017. *Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura*. Serie Nutrición Vegetal Núm.



105. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p

McKean, S. J. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 1. <https://doi.org/10.1163/15733823-00192P02>

Pedroza Sandoval, A., Ríos Flores, J., Torres Moreno, M., Cantú Brito, J., Piceno Sagarnaga, C., & Yáñez Chávez, L. (2014). Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): Impacto social y económico. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 231-239.

Santacoloma Varón, L. E. (2014). Fitometabolitos secundarios que inciden en el valor nutricional de *Lotus corniculatus* como forraje para rumiantes. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 131. <https://doi.org/10.22490/21456453.938>





## VARIACIÓN ESTACIONAL DEL ESTADO HÍDRICO DE HOJAS DE *Lotus corniculatus* L. EN DOS RANGOS DE HUMEDAD DEL SUELO

Luis Ángel González-Espíndola<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>,  
María del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1</sup>, Sahara Xolocotzi Acoltzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua, Bermejillo, Dgo. CP. 35230. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

La crisis del agua que afecta a la región de la Comarca Lagunera asociada a los largos períodos de sequía, ha motivado la búsqueda de cultivos alternativos con menores requerimientos hídricos (Pedroza Sandoval et al., 2014). El trébol pata de pájaro o trébol criollo (*Lotus corniculatus* L.) pertenece a la familia de las leguminosas. Esta leguminosa forrajera es la única empleada en el este de América del Norte por no causar timpanismo en rumiantes (Casler & Undersander, 2018), por sus características de adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y de suelo (Giagourta et al., 2015) Las plantas tienen distintos mecanismos para tolerar la sequía cuya finalidad es mantener el equilibrio hídrico para mantener sus funciones fisiológicas y metabólicas a pesar del estado de déficit hídrico. El nivel de agua en el tejido es comúnmente expresado como porcentaje, pues este es la medida del contenido total de agua que se puede almacenar (Argentel et al., 2006). El objetivo de esta investigación fue identificar el comportamiento del contenido relativo de agua (CRA) en ecotipos de *Lotus corniculatus* y la dinámica estacional bajo dos rangos de humedad en el suelo.

### Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo Durango, México. El experimento se realizó de marzo de 2021 a mayo de 2022. El material vegetal procedió del COLPOS, Montecillos, México. los ecotipos fueron identificados como "255301", "255305", "202700", "226792" y "Estanzuela ganador". El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron los dos rangos de humedad y las parcelas chicas los ecotipos. La unidad experimental consistió en una planta por maceta con una de mezcla de suelo. La humedad se mantuvo en dos rangos de humedad (H1: 23-27 %) y (H2: 18-22 %) calculados a partir de la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP).

Durante el experimento se definieron los intervalos de corte por estación (verano, otoño, invierno y primavera). El muestreo consistió en emplear las hojas de 10 tallos de cada unidad experimental después del corte. El método empleado para determinar el contenido relativo de agua fue el propuesto por Jones y Turner (1978) y se estimó con la siguiente fórmula:  $CRA (\%) = [(Pf - Ps) / (Pt - Ps)] [100]$ , Dónde: Pf: peso fresco del material vegetal (g); Ps: peso seco del material vegetal 12 h (g); Pt: peso turgente después de 12 h de imbibición con agua desionizada



(g). Los datos fueron estadísticamente analizados usando el SPSS, 18.0 mediante una ANOVA de una vía (Prueba de Duncan;  $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y discusión

Los resultados del CRA (Figura 1) entre los ecotipos de *Lotus corniculatus* muestran diferencias significativas ( $p=0.001$ ; g. l =10;  $F=462.07$ ). Los porcentajes máximos de CRA se encontraron en los ecotipos "255301" y "Estanzuela ganador" en el rango de humedad del 23-27%, con un valor promedio de 75.88% y 75.10%, respectivamente. Lo cual corresponde a un contenido de agua aceptable para la función de la ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa (RuBisCO); según Flexas y Medrano, (2002) en contenidos de agua superior al 90% la actividad de la RUBISCO se pierde. Mientras que, el porcentaje mínimo se presentó en el ecotipo "202700" (63.45%) en el rango de humedad del 18-22%. Por tanto, el resultado sugiere que la sensibilidad a la sequía, al menos en relación al CRA, depende de la especie y del genotipo. Este resultado es compatible con lo propuesto por Escalante- Magaña et al. (2019) donde menciona que, bajo condiciones de estrés hídrico, las plantas de *Capsicum annum* redujeron significativamente el CRA conforme el estrés era de mayor intensidad.

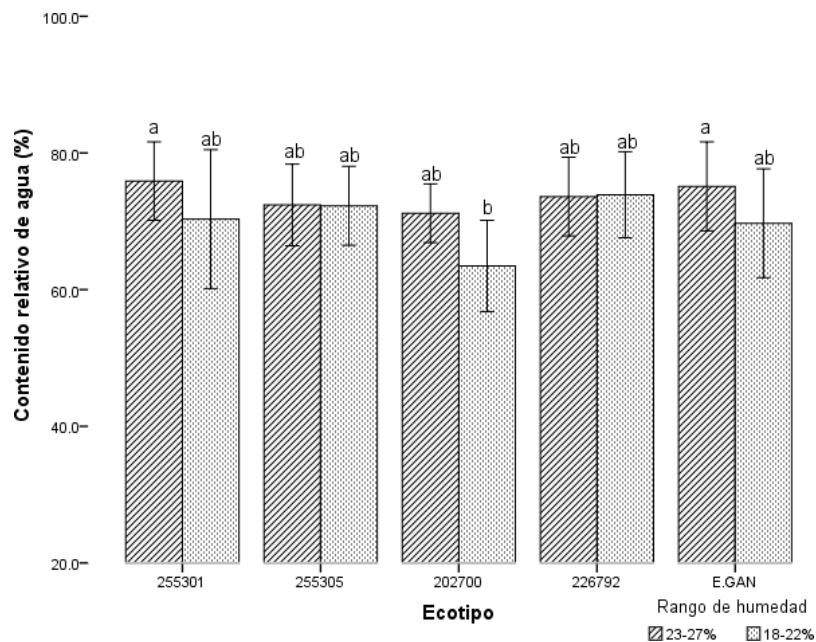


Figura 1. Contenido relativo de agua (CRA) expresado en porcentaje (%) para cada ecotipo de *L. corniculatus* en dos rangos de humedad en el suelo. Literales iguales indican diferencia estadística no significativa (Duncan,  $p \leq 0.05$ ).

De forma similar, los resultados del CRA (Figura 2) entre las estaciones por cada rango de humedad resultó significativo ( $p=0.001$ ; g. l =7;  $F=14.029$ ). Los porcentajes mayores de CRA se obtuvieron en el otoño en ambos rangos de humedad, con valores medios de 83.09% y 82.68%. Mientras que, los porcentajes menores se presentaron en verano (61.33%) y primavera (62.33%) en el rango de humedad del 18-22%.



Con base a los resultados es posible suponer que los cambios presentados durante las estaciones se encuentran estrechamente a factores propios de cada estación (radiación solar, temperatura, viento, humedad). Medina-Torres et al. (2011) señala en sus resultados obtenidos a partir de hojas de aguacate una disminución en la conductancia estomática (g) durante el otoño, lo cual explica, altos CRA durante esta estación debido a una menor tasa de transpiración.

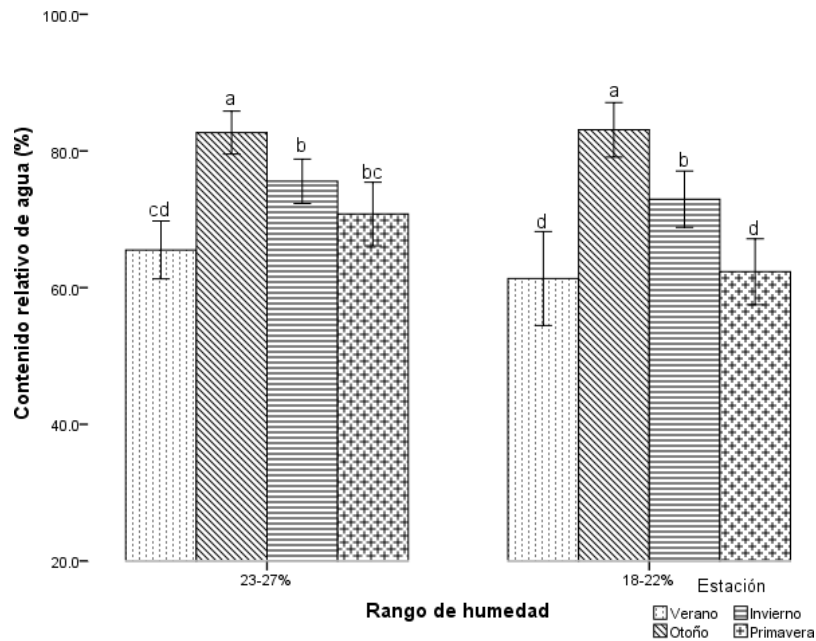


Figura 2. Contenido relativo de agua (CRA) (%) para cada estación en dos rangos de humedad en el suelo. Literales iguales indican diferencia estadística no significativa (Duncan,  $p \leq 0.05$ )

## Conclusión

La determinación del contenido relativo de agua en *Lotus corniculatus* por ecotipo en los dos rangos de humedad solo mostró diferencias para los ecotipos "255301" y "202700" y es evidencia de que puede haber diferencias genéticas para el mantenimiento del estado hídrico de las hojas en *Lotus corniculatus*. El CRA de las hojas de *L. corniculatus* es afectado o modulado por las estaciones del año y su efecto es similar para las dos condiciones de humedad del suelo probadas



## Referencias

- Argentel, L., González, L. M., Ávila, C., & Aguilera, R. (2006). Comportamiento del contenido relativo de agua y la concentración de pigmentos fotosintéticos de variedades de Trigo cultivadas en condiciones de salinidad. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 49–53. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825008>
- Casler, M. D., y Undersander, D. J. (2018). Identification of temperate pasture grasses and legumes. In *Horse Pasture Management*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812919-7.00002-0>
- Escalante-Magaña, C., Aguilar-Caamal, L. F., Echevarría-Machado, I., Medina-Lara, F., Cach, L. S., & Martínez-Estévez, M. (2019). Contribution of glycine betaine and proline to water deficit tolerance in pepper plants. *HortScience*, 54(6), 1044–1054. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13955-19>
- Flexas, J., y Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany*, 89(2), 183–189. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf027>
- Giagourta P., Abraham, E.M., Parissi, Z.M. & Kyriazopoulos, A.P. (2015) Phenotypic variation of *Lotus corniculatus* L. natural populations in relation to habitat type and management regimes. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 67(3), 841-848
- Jones, M. M., y Turner, N. C. (1978). Osmotic adjustment in leaves of *Sorghum* in response to water deficits. *Plant Physiology*, 61(1), 122–126. <https://doi.org/10.1104/pp.61.1.122>
- Medina-Torres, R., Salazar-García, S., Ortiz-Catón, M., & Valdivia-Bernal, R. (2011). Variación estacional de la fotosíntesis en varios cultivares de aguacate. *Revista Biociencias Julio*, 1(311), 36–45.
- Pedroza Sandoval, A., Ríos Flores, J., Torres Moreno, M., Cantú Brito, J., Piceno Sagarnaga, C., & Yáñez Chávez, L. (2014). Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): Impacto social y económico. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 231–239.



## ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA EN ACCESIONES DE *Ficus carica* L. NATIVOS DE ZONAS ÁRIDAS EN RESPUESTA A DÉFICIT HÍDRICO Y REHIDRATACIÓN

María del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1\*</sup>, Luis Ángel González-Espíndola<sup>1</sup>,  
Ricardo David Valdez-Cepeda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, km 40. Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup> Profesor-Investigador Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte, Apdo. Postal 196, CP 98001, Zacatecas, México. \*Autor para correspondencia: rtrejo@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

Durante su vida, las plantas responden a condiciones ambientales desfavorables para lograr sobrevivir. Condiciones desfavorables como temperatura, disponibilidad de agua y alto contenido de sales en el suelo generan como resultado estrés abiótico lo que puede conllevar a una disminución en el crecimiento (Lamers, Der Meer & Testerink, 2020). Los cambios en las propiedades, actividad fisiológica y morfología de las plantas se activan ante una condición de estrés abiótico percibido por sensores (Sun, Wang, Chen & Ruan, 2020). Durante el estrés hídrico, el contenido de clorofila disminuye debido al daño en las membranas y estructuras de los cloroplastos, se produce la foto-oxidación de la clorofila, se activan las clorofilasas y se suprime la biosíntesis de la clorofila (Amirjani & Mahdiyeh, 2013; Kabiri, Nasibi & Farahbakhsh, 2014; Kingston-Smith & Foyer, 2000). Aunque la respuesta de la clorofila en las plantas ha sido evaluada, el desarrollo de un análisis sistematizado para resumir la respuesta de las plantas bajo estrés hídrico es necesario (Sun et al., 2020); es como consecuencia de ello, que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de la clorofila mediante la medición del índice relativo de clorofila (IRC) en accesiones de higo bajo estrés hídrico.

### Materiales y Métodos

El estudio se estableció en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo Durango, México. La ubicación geográfica es 25°53'43" LO y 103°36'07" LN, con una altitud de 1,119 msnm (INEGI, 2014). El clima es seco desértico con lluvias en verano e invierno, la precipitación pluvial media anual es de 258 mm y la evaporación media anual de 2,000 mm (Medina et al., 2005).

Higueras de traspatio o silvestres que manifestaron características de adaptación como un bajo consumo de agua, higos de porte grandes y resistencia a condiciones ambientales adversas fueron recolectadas. Acodos de cinco accesiones (Arista, Ceballos, Fortuna, Guadalupe Victoria y San Antonio) y plantas de la variedad Black Mission por su importancia comercial fueron enraizados. Las plantas resultantes se colocaron en macetas con 9.5 kg de suelo. En cada maceta se colocó una planta de cada accesión o variedad en condiciones de malla sombra. El control de la humedad en las higueras se realizó por gravimetría. Las plantas control se regaron según la demanda hídrica definida.



El experimento se desarrolló en los meses de junio y julio de 2022, los diferentes ecotipos se dividieron en dos grupos: plantas bajo estrés hídrico (EH) y plantas control (CT). Las CT se mantuvieron en un 100% de humedad aprovechable (HA) del suelo durante el experimento. Mientras que, las plantas bajo EH fueron sometidas a restricción de riego por siete días hasta la aparición de signos de estrés. Las plantas bajo EH fueron rehidratadas hasta lograr 100% de HA y se mantuvieron constantes por ocho días.

La evaluación del Índice Relativo de Clorofila (IRC) se midió empleando un FieldScout CM 1000 (Spectrum Technologies, Aurora, IL, USA). Este equipo cuantifica la reflectancia a 700 nm y 840 nm para el cálculo del índice relativo de clorofila (IRC). Todas las mediciones sobre las hojas de higuera se realizaron en un horario fijo (10:30 am) evitando perturbación o estrés mecánico en las plantas. Las mediciones se realizaron a 30 cm de la superficie de la hoja dicha por triplicado obteniendo un valor medio por día de evaluación (Mahdavi et al., 2016).

Las unidades experimentales se colocaron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La UE fue una planta por maceta. Los análisis estadísticos fueron pruebas de ANOVA. Las diferencias estadísticas se determinaron con un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ , de acuerdo a la prueba de rango múltiple Tukey. Los datos se procesaron en el Programa estadístico SPSS Inc.

## Resultados y Discusión

Los resultados indicaron una variación significativa entre los genotipos con una  $p=0.001$ ; g.l.=5;  $F=5.426$ . Así mismo la respuesta del IRC en las accesiones y variedad de higuera presentaron diferencias en los tiempos de evaluación, donde los valores del IRC del día 7 después de la suspensión del riego fueron significativamente diferentes entre las plantas en estrés hídrico y plantas control. Mientras que el IRC en el resto de las evaluaciones fue similar estadísticamente (Figura 1). Esto, sugiere que la disminución en la clorofila está asociado al estrés lo que genera una oxidación de los pigmentos y la degradación de la clorofila (Fathi & Tari, 2016).

La accesión San Antonio presentó las medias mayores de IRC en todas las evaluaciones realizadas mientras que el cultivar Black Mission mostró medias inferiores a partir de la medición de 7 días posteriores a la restricción del riego, así como en las evaluaciones de recuperación. Los altos contenido de clorofila entre diferentes genotipos se encuentran relacionados con mayor tolerancia a la pérdida de humedad, lo que hace de la evaluación de la clorofila un indicador importante del funcionamiento de la planta y de su condición bajo déficit hídrico (Osmolovskaya et al., 2018).

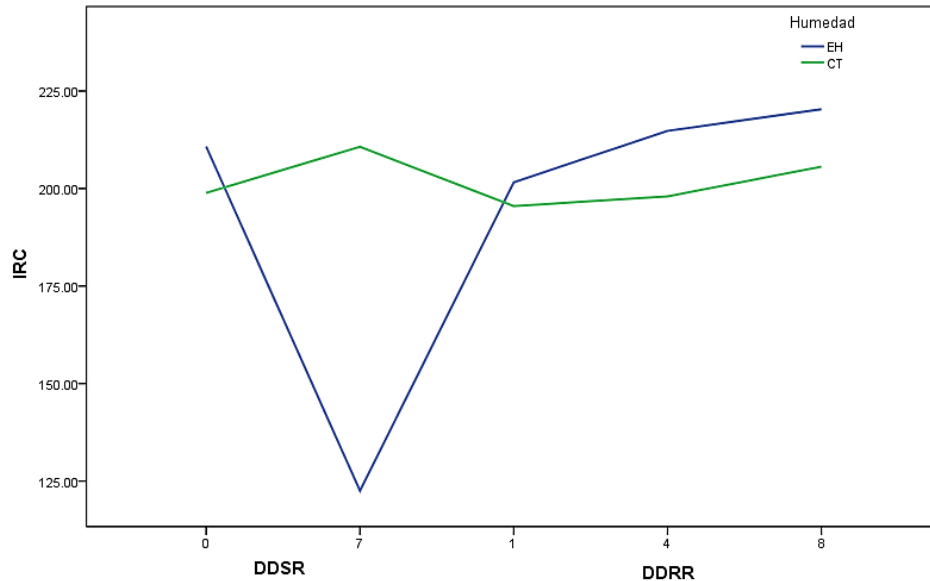


Figura 1. Índice relativo de clorofila medio de cinco accesiones y una v una variedad en la condición de estrés hídrico y en la condición control a lo largo de los días de evaluación. DDSR= Días después de la suspensión del riego. DDRR= Días después de riego de recuperación.

Las evaluaciones realizadas en los diferentes contenidos hídricos muestran que en la condición inicial que no hay diferencias significativas entre los genotipos ni en la condición de humedad. Mientras que a los 7 días después de la suspensión del riego las diferencias estadísticas conforman dos grupos, a su vez es posible observar que el IRC disminuye en estas condiciones. Un día y cuatro días después del riego de recuperación la respuesta de las plantas se unifica indicando diferencias no significativas. Las mediciones del IRC mediante el uso del FieldScout son mediciones no destructivas las cuales permiten realizar la cuantificación del contenido de clorofila mediante la generación de un índice basado en las bandas espectrales roja (660 nm) e infrarroja cercana (840nm) (Peters, Hughes, & Daley, 2022). EL IRC es un buen indicador del estado hídrico de las plantas cómo fue posible observarlo en el presente trabajo.

## Conclusiones

Si bien, el propósito del presente estudio fue evaluar la respuesta de la clorofila en las plantas de higuera mediante el IRC en cultivares de higo bajo diferentes condiciones de humedad en el suelo, la respuesta de los genotipos evaluados presentó una respuesta significativa en la condición de estrés hídrico. La recuperación de las higueras se observó a las 24 h de la recuperación del riego. Así mismo, la medición del IRC es un método rápido no destructivo para la detección del estrés en plantas de higuera bajo las condiciones evaluadas.



## Referencias

- Amirjani, M. R., y Mahdiyeh, M. (2013). Antioxidative and biochemical responses of wheat. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(4), 291–301.
- Fathi, A., y Tari, D. B. (2016). Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. *International Journal of Life Sciences*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.3126/ijls.v10i1.14509>
- INEGI. (2014). Instituto Nacional de Estadística Geográfica.
- Kabiri, R., Nasibi, F., y Farahbakhsh, H. (2014). Effect of exogenous salicylic acid on some physiological parameters and alleviation of drought stress in *Nigella sativa* plant under hydroponic culture. *Plant Protection Science*, 50(1), 43–51. <https://doi.org/10.17221/56/2012-pps>
- Kingston-Smith, A. H., y Foyer, C. H. (2000). Bundle sheath proteins are more sensitive to oxidative damage than those of the mesophyll in maize leaves exposed to paraquat or low temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 51(342), 123–130. <https://doi.org/10.1093/jxb/51.342.123>
- Lamers, J., Der Meer, T. Van, y Testerink, C. (2020). How plants sense and respond to stressful environments. *Plant Physiology*, 182(4), 1624–1635. <https://doi.org/10.1104/PP.19.01464>
- Mahdavi, S., Kafi, M., Fallahi, E., Shokrpour, M., y Tabrizi, L. (2016). Water stress, nano silica, and digoxin effects on minerals, chlorophyll index, and growth in ryegrass. *International Journal of Plant Production*, 10(2), 251–264.
- Osmolovskaya, N., Shumilina, J., Kim, A., Didio, A., Grishina, T., Bilova, T., Wessjohann, L. A. (2018). Methodology of drought stress research: Experimental setup and physiological characterization. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(12), 1–25. <https://doi.org/10.3390/ijms19124089>
- Peters, K. C., Hughes, M. P., y Daley, O. (2022). Field-scale calibration of the PAR Ceptometer and FieldScout CM for real-time estimation of herbage mass and nutritive value of rotationally grazed tropical pasture. *Smart Agricultural Technology*, 2(December), 100037. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100037>
- Sun, Y., Wang, C., Chen, H. Y. H., y Ruan, H. (2020). Response of plants to water stress: A meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 11(2016). <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00978>





## RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA Y EL INTERCAMBIO DE GASES EN *Ficus carica* L. VARIEDAD BLACK MISSION

María del Rosario Jacobo-Salcedo <sup>1</sup>, Ricardo Trejo-Calzada <sup>1</sup>, Luis Ángel González-Espíndola <sup>1</sup>,  
Hilario Macias-Rodriguez<sup>2\*</sup>, José Alberto Urrieta-Velázquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, km 40. Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, km 6.5 Canal Sacramento Zona Industrial, Gómez Palacio, Durango, México. CP. 35140. \*Autor para correspondencia: jacobo.rosario@inifap.gob.mx

### Introducción

El género *Ficus* se divide en cerca de 700 especies. *Ficus spp.* representa una fuente de alimento ancestral así como un recurso para preservar la salud (Barolo, Ruiz Mostacero & López, 2014) por las propiedades nutrimentales y fitoquímicas. Las higueras son arbustos o árboles pequeños; el follaje suele ser abundante, profundamente lobulado con tres o siete lóbulos, la clasificación de las diferentes especies es diversa (Gonzalez-Rodriguez & Grajal-Martín, 2011). El cultivo de higuera se encuentra distribuido en regiones de clima templado y en algunas regiones tropicales y subtropicales, las características adaptativas de este cultivo han permitido su propagación en suelos pedregosos, secos y poco profundos (Gonzalez-Rodriguez & Grajal-Martín, 2011) como los que prevalecen en las zonas áridas. Al menos 22 ha de higuera se tienen registradas en la Comarca Lagunera de Durango con sistemas de producción tecnificados (riego presurizado, cubiertas plásticas tipo macro túnel, altas densidades de plantación y poda anual) (Marquez Guerrero et al., 2019). Esta región posee una participación importante en el sector agropecuario lo que se relaciona con la ubicación geográfica (cercanía a la frontera) así como la tendencia agrícola y social (Ramirez Barraza et al., 2019). Si bien, la producción forrajera regional está fuertemente establecida, la necesidad de cultivos que hagan un uso eficiente de los recursos hídricos es de principal importancia, como es el caso de la higuera. Es por ello, que el propósito de este estudio fue monitorear plantaciones de higuera de uno y dos años de establecidas a cielo abierto para evaluar su potencial productivo basado en algunas respuestas fisiológicas de las mismas.

### Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en un área productiva ubicada en 25°35'57.37" N 101° 55' 33" O, que pertenecen a un productor cooperante. En estas parcelas se establecieron higueras variedad Black Mission a partir de acodos aéreos. Un lote de estas se estableció el año 2020 y el segundo lote de plantas el 2021 a cielo abierto, por lo que para el momento de las evaluaciones las plantaciones tenían un año y dos años.



El Índice Relativo de Clorofila (IRC) se midió empleando un FieldScout CM 1000 (Spectrum Technologies, Aurora, IL, USA). Este cuantifica la reflectancia a 700 nm y 840 nm para el cálculo del índice relativo de clorofila (IRC) sobre las hojas de higuera. Las mediciones se realizaron en hojas de higuera sin ninguna perturbación o estrés mecánico en las plantas y en un horario fijo (10:30 am). Las mediciones se realizaron a 30 cm de la superficie de la hoja dicha medición se realizó por triplicado en cada planta (Mahdavi et al., 2016).

El intercambio de gases fue medido con un analizador de gases LI-COR 6400 XT portátil (LI-COR, Lincoln, NE, EUA). Las mediciones se realizaron en el tiempo inicial, estrés, rehidratación y recuperación. Las condiciones de operación del equipo de fotosíntesis fueron a 25 °C, a una concentración de 400ppm de CO<sub>2</sub> en la cámara y una radiación fotosintética activa (PAR) de 1000 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Los parámetros evaluados fueron tasa fotosintética neta (P<sub>N</sub>, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), conductancia estomática del H<sub>2</sub>O (g<sub>s</sub>, mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentración intracelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>, μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>) y transpiración (E, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Quince plantas de cada lote fueron evaluadas. El muestreo se desarrolló en zig-zag en un lote de 4 ha. Los análisis estadísticos realizados corresponden a pruebas de t-Student con un nivel de significancia del  $p < 0.05$ . Los datos se procesaron en el programa estadístico SPSS Inc.

## Resultados y discusión

Las respuestas fisiológicas evaluadas consideran el IRC y las mediciones de intercambio gaseoso en las plantas de uno y dos años. Los resultados de las mismas se pueden observar en el cuadro 1 en donde el IRC y C<sub>i</sub> fue significativamente mayor en la plantación más vieja. Si bien, la clorofila medida como el IRC es susceptible a cambios relacionados el estado nutrimental (Peters, Hughes, & Daley, 2022), edáfico e hídrico de las plantas, las mediciones realizadas en este trabajo consideran que ambos lotes de plantación tuvieron la misma condición hídrica y las mismas condiciones ambientales. Por lo que la respuesta de las plantas se asocia directamente con la edad y grado de desarrollo de las mismas.

No obstante, la respuesta de P<sub>N</sub>, g<sub>s</sub> y E fue mayor en la plantación de un año, lo que indica que la actividad fotosintética está fuertemente activa y sus mecanismos metabólicos más activos. Por esta razón la afirmación de que la fotosíntesis es un factor determinante para la productividad de las plantas (Parkash & Singh, 2020) respondiendo a los resultados obtenidos.



Cuadro 1. Comparación de la respuesta de IRC,  $P_N$ ,  $g_s$ ,  $C_i$  y  $E$  en las plantas ( $n = 15$ ) de 1 y 2 año. Se presentan las medias, el error estándar, así como el valor de  $t$ , los grados de libertad (g.L.) y la significancia.

Variables	Plantación de 1 año		Plantación de 2 años		$t$	g.L.	Sig.
	Media	E.E.	Media	E.E.			
IRC	150.16	4.72	183.25	9.00	3.254	29	0.004
$P_N$	14.34	0.44	10.07	0.48	-6.465	29	0.001
$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$							
$g_s$	0.241	0.02	0.114	0.01	-5.285	29	0.001
$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$							
$C_i$	183.25	9.00	214.60	11.2	-2.601	29	0.016
$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$				6			
$E$	5.05	0.25	3.00	0.14	-6.951	29	0.001
$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$							

Las variables que mostraron mayor coeficiente de correlación de Pearson fueron  $P_N$  con  $E$  y  $g_s$  con  $C_i$  y  $E$ . En las correlaciones con el IRC son significativas y negativas; es decir conforme se disminuye el IRC se presenta un aumento en el intercambio de gases de forma general en higueras de la variedad Black Mission. La distribución normal de las variables muestra una curva simétrica en  $P_N$ , IRC,  $g_s$  y  $E$  mientras que en  $C_i$  es asimétrica negativa. En relación a la kurtosis, en su mayoría, son leptocúrticas con excepción de la curva de  $g_s$  que posee una forma mesocúrtica.

Parkash et al., (2020) indican que la relación de la clorofila y la fotosíntesis es positiva; sin embargo, los resultados de nuestro estudio indican que las correlaciones del IRC con las variables de intercambio de gases no fueron altas. Es posible asumir, que las plantas de mayor edad tienen una mayor sensibilidad a las condiciones ambientales y por lo tanto la respuesta del cierre estomático y la reducción de la fotosíntesis aun cuando haya se observe mayor contenido de clorofila.

Los mecanismos de mejora del rendimiento y la necesidad de mantener la estabilidad productiva de los cultivos en condiciones apropiadas de riego y en estrés hídrico es de relevancia para la seguridad alimentaria ante una población creciente (Basu, Ramegowda, Kumar y Pereira, 2016). Anteponiendo lo anterior, la evaluación de estos parámetros productivos permite conducir el sistema productivo de higuera con evaluaciones sólidas del estado fisiológico de las plantaciones y por ende del potencial productivo.

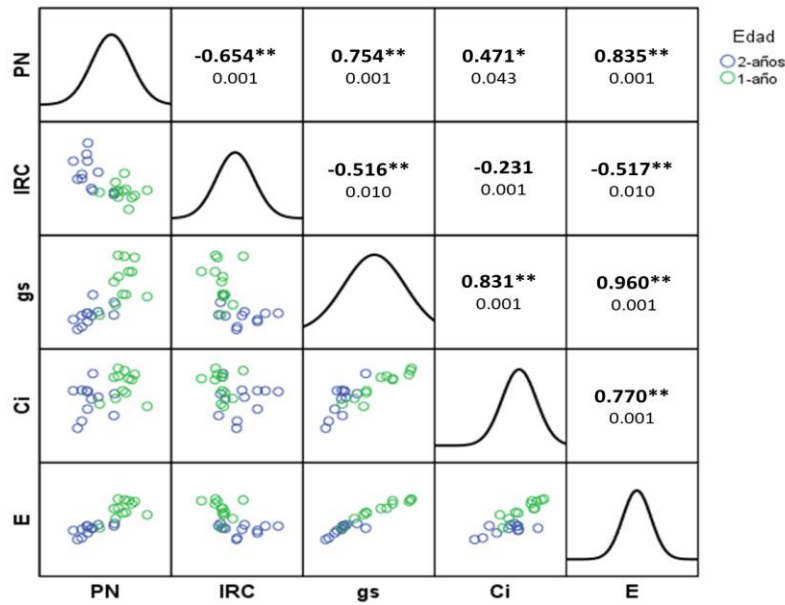


Figura 1. Análisis de correlación múltiple y distribución normal de las variables. Los círculos en verde hacen referencia a las plantaciones de higuera de 1 y 2 años. \*\* significancia < 0.010, \* significancia < 0.05.

## Conclusión

La tasa fotosintética de las higueras evaluadas fue consistentemente mayor en la plantación de un año, esta repuesta se relaciona con la capacidad de desarrollo y crecimiento de las plantas en esta fase. Mientras que la condición de la clorofila dada por IRC, la  $P_N$ , la  $g_s$  y E fueron superiores en las plantas de higuera de un año.

## Referencias

- Barolo, M. I., Ruiz Mostacero, N., y López, S. N. (2014). *Ficus carica* L. (Moraceae): An ancient source of food and health. *Food Chemistry*, 164, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.112>
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., y Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research*, 5(6), 1–10. <https://doi.org/10.12688/F1000RESEARCH.7678.1>
- Gonzalez-Rodriguez, Á. M., y Grajal-Martín, M. J. (2011). *Higueras de Canarias*.
- Mahdavi, S., Kafi, M., Fallahi, E., Shokrpour, M., y Tabrizi, L. (2016). Water stress, nano silica, and digoxin effects on minerals, chlorophyll index, and growth in ryegrass. *International Journal of Plant Production*, 10(2), 251–264.
- Marquez Guerrero, S. Y., Figueroa Viramontes, U., Cueto Wong, J. A., Arreola Avila, J. G., Zegbe Dominguez, J. A., y Trejo Calzada, R. (2019). Variación estacional de la concentración foliar de nutrimentos en huertas de higuera bajo sistemas de producción intensiva. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 525–537. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1272>
- Parkash, V., y Singh, S. (2020). A review on potential plant-based water stress indicators for vegetable crops. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/SU12103945>
- Peters, K. C., Hughes, M. P., y Daley, O. (2022). Field-scale calibration of the PAR Ceptometer and FieldScout CM for real-time estimation of herbage mass and nutritive value of rotationally grazed tropical pasture. *Smart Agricultural Technology*, 2(December), 100037. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100037>
- Ramirez Barraza, B. A., Estrada, A. G., Valdivia Alcalá, R., Salas González, J. M., y García Salazar, J. A. (2019). Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 539–550. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1295>



## PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y SU IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DENTRO DE LA RESERVA ECOLÓGICA MUNICIPAL SIERRA Y CAÑÓN DE JIMULCO.

Diana R. Miguel Davalos<sup>1</sup>, Rafael Carrillo Flores<sup>1\*</sup>, Ramón Hernández Salgado<sup>1</sup>,  
Martha Reyes Ramos<sup>2</sup>, Cristóbal Hernández Bautista<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo, campus Bermejillo, Carretera Gómez Palacio - Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Dgo.

<sup>2</sup> Consultora en Proyectos Ambientales. Texcoco, México. \*Autor de correspondencia: rcarrillo@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

Unos de los principales problemas que aqueja a la sociedad global actual es el manejo de residuos sólidos, ya que grandes cantidades de basura son desechadas diariamente y una parte significativa es depositada en calles, campos abiertos o en tiraderos a cielo abierto, provocando impactos ambientales y sociales a partir del inadecuado manejo de estos (Brunner & Rechberger, 2015; Urbina & Zúñiga, 2016).

En México, el manejo de residuos sólidos es un tema en el cual aún se tiene deficiencias y se considera un reto ambiental el cual debe ser atendido y tomado en cuenta en la agenda pública y política. Cabe resaltar que el deficiente manejo de los residuos sólidos produce efectos nocivos en salud pública y en el ambiente, además requiere el uso de recursos naturales (Ojeda, 2019). La generación diaria de residuos en México es de 102,895.00 toneladas, de los cuales se recolecta el 83.93% y se lleva a sitios de disposición final el 78.54% y solo el 9.63% de los residuos se reciclan (SEMARNAT, 2017).

Las Áreas Naturales Protegidas no están exentas a esta problemática que se vive en las grandes urbes, ya que en ellas existen comunidades que están en constante expansión y requieren de bienes y servicios para cubrir sus necesidades, desechando residuos de todas las actividades que realizan diariamente (Cingolani, et al., 2015). Para el caso de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco, ubicada en el Municipio de Torreón, Coahuila, la generación de residuos sólidos es de 1,405.16 kg diarios, y de 0.151 kg per cápita diarios (Fundación Jimulco, 2021).

El inadecuado manejo de los residuos trae consigo importantes impactos hacia el ambiente, el deterioro del paisaje, contaminación de agua, suelo y aire. Pero también se tiene amplios impactos sociales, ya que en muchos casos se afecta a la salud de la población, a través de la cría de vectores de enfermedades, el aumento de la fauna nociva, el aumento de problemas respiratorios en la población por las partículas de residuos derivadas por la quema de desechos, la afectación a la productividad, la afectación a la limpieza y calidad de vida de las comunidades del entorno, el desarrollo económico, que se ve reflejado en la disminución del turismo en el área, así como la relación entre el gobierno y ciudadanos (Kaza, et al., 2018).



Para lograr llevar a cabo una buena gestión de los residuos sólidos que se generen en cierto lugar, es necesario hacer partícipe a la sociedad, de tal forma que se genere una conciencia sobre la importancia de su manejo, pero sobre todo de los impactos ambientales que se producen al no hacer una buena gestión de éstos, de tal manera que la población se involucre en generar cada vez menos basura y contribuya al cuidado del medio ambiente. Esto permitirá plantear estrategias encaminadas a la reducción, manejo y disposición de los residuos sólidos mejorando la calidad de vida de la población, tendiente al cuidado del medio ambiente.

Así, el propósito del presente trabajo fue identificar la percepción de los habitantes de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco, en el Municipio de Torreón, Coahuila sobre los impactos socioambientales derivados de los residuos sólidos urbanos considerando la generación, manejo y disposición de residuos sólidos mediante la aplicación de encuestas a la población de diferentes edades.

### **Materiales y Métodos**

Se llevó a cabo un estudio transversal observacional durante los meses de agosto y septiembre de 2021 dentro de 6 comunidades de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco, ubicada en el Municipio de Torreón, en el suroeste del Estado de Coahuila, geográficamente entre los paralelos 24°56'18" y 25°17'52" de latitud norte, y entre 103°30'34" y 103°05'15" de longitud oeste. La altitud varía desde los 1,150 a 3,120 metros sobre el nivel medio del mar. Limita al norte con el municipio de Viesca, Coahuila; al sur con los municipios de Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe de Durango y al oeste con el municipio de Santa Clara, Durango. Comprende una superficie de 57,185.67 ha., que corresponde al 44% del municipio de Torreón. Se seleccionó al azar una muestra de 323 encuestas distribuidas en 6 comunidades de la Reserva Ecológica de una población de 4,214 habitantes, lo que representa un índice de muestreo del 7.7% con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%.

La encuesta constó de 96 reactivos agrupados en 5 bloques, los cuales son:

- Bloque I. Información General del participante.
- Bloque II. Generación de residuos en los hogares
- Bloque III. Manejo de residuos sólidos
- Bloque IV. Educación ambiental
- Bloque V. Impactos generados por residuos sólidos

Para los bloques II a V, se utilizó una escala tipo Likert con cinco categorías.

Debido a la naturaleza de la información para el trabajo de investigación, las encuestas se aplicaron de manera directa en los hogares de 6 comunidades dentro del Área Natural Protegida, las cuales son: Juan Eugenio, Jalisco, La Trinidad, Jimulco, La Flor de Jimulco y Barreal de Guadalupe, todas del Municipio de Torreón, Coahuila.



Se analizó la información buscando la percepción de los habitantes indistintamente de su edad, sexo o situación económica sobre los impactos socioambientales derivados de los residuos sólidos urbanos generados en sus propias comunidades y del manejo y disposición de los mismos.

## Resultados y discusión

Del total de las encuestas aplicadas (323), el 65.94% corresponde al género femenino y el 34.06% al género masculino. Esto es esperado, pues las encuestas se aplicaron directamente en los hogares. Las edades de los encuestados van desde los 9 años hasta los 91 años, encontrando que los rangos de edad con más representación son de 13 a 17 años (26.32%) y mayores de 50 años (25.08%). En su mayoría, el nivel de estudios es de secundaria con el 36.53%, seguido de primaria con el 35.91%. Cabe resaltar que este no significa que sea el grado máximo de estudios, pues el 40.56% de los encuestados son menores de edad y prácticamente todos se encuentran estudiando. Los ingresos económicos de las familias son muy bajos pues el 67.33% tienen ingresos mensuales menores a \$2,000 pesos, el 25.25% está entre los \$2,000 y los \$4,300 pesos y sólo el 7.42% supera los \$4,300 pesos de ingresos mensuales.

En cuanto a la generación de residuos sólidos en las comunidades bajo estudio, se encontró que el 67.08% de los encuestados respondieron que en siempre y casi siempre generan residuos sólidos orgánicos que pueden ser composteables, sin embargo, el 52.63% señaló desconocer qué es una composta, pero está interesado en aprender, sólo el 6.19% compostea sus residuos orgánicos. El 10.53% de los encuestados manifestó desinterés por el tema del compostaje o lombricompostaje.

Respecto a los residuos sólidos inorgánicos reciclables, el 81.68% señala que produce de 1 a 3 kg. por semana y que en general la pone a disposición del camión recolector o la deposita en los basureros a cielo abierto existentes en las localidades. De igual manera, el 76.96% de los encuestados manifestó producir de 1 a 3 kg de residuos sólidos inorgánicos no reciclables, y al igual que con los reciclables, los pone a disposición del camión recolector, y el 33.23% señaló quemarlos.

Respecto a la percepción de los impactos ambientales generados por los residuos sólidos, en general la población está consciente de lo que esto representa, pues el 95.98% de los encuestados consideran que, mantener la comunidad limpia forma parte de una vida saludable y el 93.19% señala que están seguros que la contaminación por residuos causa enfermedades de diferentes tipos; el 79.26% percibe contaminación de suelos a causa de los tiraderos, el 73.37% percibe la afectación al agua, el 72.14% percibe la afectación a la vegetación, el 62.23% a la fauna silvestre y el 84.21% señala percibir la afectación al paisaje.



Sin embargo, a pesar de que un elevado porcentaje de los encuestados señala identificar estos impactos ambientales, en promedio un 11.50% manifestó no interesarle estos temas, por lo cual, aunque sea un porcentaje menor, es necesario realizar acciones para que se involucren en beneficio de nuestro medio ambiente.

Al respecto, el 71.12% de los encuestados señala que las pláticas y talleres sobre el manejo de residuos sólidos ayudan a disminuir el problema de basura en la comunidad, pero al 28.88% manifestó no interesarle. Así mismo, al 74.22% estaría dispuesto a participar en jornadas, talleres y pláticas sobre el manejo de los residuos sólidos y el 25.78% dijo no estar dispuesto o no interesarle.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos a través de la información recabada con las encuestas, se observa que los habitantes de la Reserva Ecológica Sierra y Cañón de Jimulco, en el Municipio de Torreón, Coahuila, está consciente de los impactos socioambientales generados por los residuos sólidos urbanos. Así mismo, manifiesta el interés y la disposición para participar en acciones encaminadas al cuidado del medio ambiente relacionadas a los residuos sólidos urbanos como jornadas de limpieza, talleres, conferencias entre otras.

Es necesario también señalar que los resultados presentados son preliminares, y que se llevarán a cabo análisis estadísticos para dar una mayor certeza de la información que permitan determinar un sistema de indicadores socioambientales para la gestión de los residuos sólidos urbanos. Así mismo, se hace necesario coordinarse con la Administración de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco para definir lineamientos, políticas y estrategias que contribuyan a mejorar la calidad ambiental y por lo tanto que contribuya a mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta importante Área Natural Protegida.

## Referencias

- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2015). Waste to energy—key element for sustainable waste management. *Waste management*, 37, 3-12.
- Carvajal Romero, H., García Álvarez, M. T., & Teijeiro Álvarez, M. (2021). Evolución de la política medioambiental en la gestión de residuos. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 265-275.
- Cingolani, A. M., Barberá, I., Renison, D., & Barri, F. R. (2015). Conservación de un área protegida con uso recreativo: ¿Se puede lograr que los visitantes dejen menos basura? *Ecología austral*, 25(1), 46-53.
- Contreras S, Maira J (2008). Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia). *Trabajo Social* (10), 109-134.
- Fundación Jimulco A.C (2021) Programa Operativo Anual (POA), Administración de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (2021).
- Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. Washington, DC.





- Ojeda Benítez, S. (2019). Manejo de residuos sólidos en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35, 7-9. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.esp02.01>
- Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud: División de Salud y Ambiente (2005). Informe de la evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington, DC.
- Urbina-Reynaldo, M. O., & Zúñiga-Igarza, L. M. (2016). Metodología para el ordenamiento de los residuos sólidos domiciliarios. *Ciencia en su PC*, (1), 15-29.
- Silpa Kaza, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, & Frank Van Woerden. 2018. What a Waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group. ISBN: 978-1-4648-1329-0.
- SEMARNAT (2017) Residuos sólidos Urbanos (RSU). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>



## **EVALUACIÓN DE SANITIZANTES POR MEDIO DE LA NMX-BB-040-SCFI-1999 COMO ALTERNATIVA DE USO EN PLANTA DE OSMOSIS INVERSA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS VETERINARIOS**

Sandra Isabel Hernández González\*<sup>1</sup>, Josué Uriel Ramírez Estrada<sup>1</sup>, Norma Mariana Hernández Hernández<sup>1</sup>, Aurora Martínez Romero<sup>1</sup>, Sandra Castro Hernández<sup>1</sup>, José de Jesús Alba Romero<sup>1</sup>, José Luis Ortega Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas Campus Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) Dgo. Artículo 123 S/N Fracc. Filadelfia.<sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. \*Autor de correspondencia: sandraisabel\_70@hotmail.com

### **Introducción**

La industria farmacéutica es de gran importancia sanitaria en el mundo y está constituida por numerosas organizaciones públicas y privadas dedicadas al descubrimiento, desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos. Cabe mencionar que además de desarrollar y producir especialidades para uso humano, también se ocupa de producir especialidades de uso animal, para tratar cualquier problema sanitario de los animales (De Pedro, 2005). Por lo tanto, deben cumplir con normas que regulan el control de calidad y las condiciones generales mínimas que debe reunir el personal, la infraestructura o las materias primas, ya que esto puede influir en los productos farmacéuticos de uso veterinario. El agua es una materia prima utilizada en la industria farmacéutica, y para llevar a cabo el control de calidad, se toma el agua potable para la obtención de los diferentes tipos de agua para uso farmacéutico, ya sea agua purificada o agua de uso inyectable (WHO, 2011). Actualmente, uno de los procedimientos más utilizados para la purificación del agua potable en la industria farmacéutica es la osmosis inversa (OI), ya que posibilita eliminar hasta el 98% de los contaminantes, con un costo relativamente bajo (Rivas, 2016). El objetivo fue evaluar sanitizantes por medio de la NMX-BB-040-SCFI-1999 como alternativa de uso y lograr que el sistema de osmosis inversa sea sanitizado para el buen funcionamiento y mantenimiento de esta.

### **Materiales y métodos**

Se tomaron cuatro muestras de agua de los sistemas de distribución, estos puntos se encuentran en las diversas áreas donde se lleva a cabo la preparación del producto farmacéutico de la empresa farmacéutica. Las muestras fueron tomadas en frascos estériles de 250 mL y posteriormente a estas muestras se le realizó cuenta viable de mesófilos aerobios. Para la preparación de la suspensión madre, los microorganismos fueron seleccionados del crecimiento de la cuenta viable de las muestras de agua de cada línea (sueros, solubles, osmosis, inyectables) y de acuerdo a la norma NMX-BB-SCFI-1999 para una transmitancia de entre 3% a 5% y que contenga entre 75 a 125 UFC/mL. Para conocer el número de UFC/mL de la suspensión fue necesario realizar vaciado en placa a partir de las diluciones  $10^{-4}$  hasta  $10^{-8}$ . Una vez realizadas las placas estas se llevaron a incubación de 30-35°C por 72 horas y 20-25°C por 5 días.



## Resultados y discusión

Se obtuvieron bacterias y hongos filamentosos de los sistemas de distribución de agua y en base a estos microorganismos se realizó una estandarización de acuerdo a la metodología descrita en la NMX-BB-040-SCFI-1999, la cual se obtuvo una cuenta viable inicial de  $15 \times 10^8$  UFC/mL a una transmitancia de 3.3% de hongos y bacterias. Previo a esto se realizó el análisis de los sanitizantes que fueron preparados de acuerdo a las concentraciones especificadas y se obtuvieron tres resultados favorables.

De acuerdo con la investigación de García-Robles y colaboradores (2017), realizaron una evaluación a diversos desinfectantes para la disminución de microorganismos en la industria alimentaria mostrando la reducción bacteriana de *Escherichia coli* a concentraciones de 10 y 20 ppm, en distintos tiempos de exposición, obteniendo como resultado que los compuestos clorados y el peróxido de hidrogeno no presentaron una reducción bacteriana satisfactoria. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación observamos lo contrario en el caso del peróxido de hidrogeno si hubo inhibición (Figura 1), mientras que con el sanitizante de cloro si fueron obtenido resultados similares, ya que se obtuvo un crecimiento tanto de bacterias y hongos en los medios de cultivo (Figura 2).

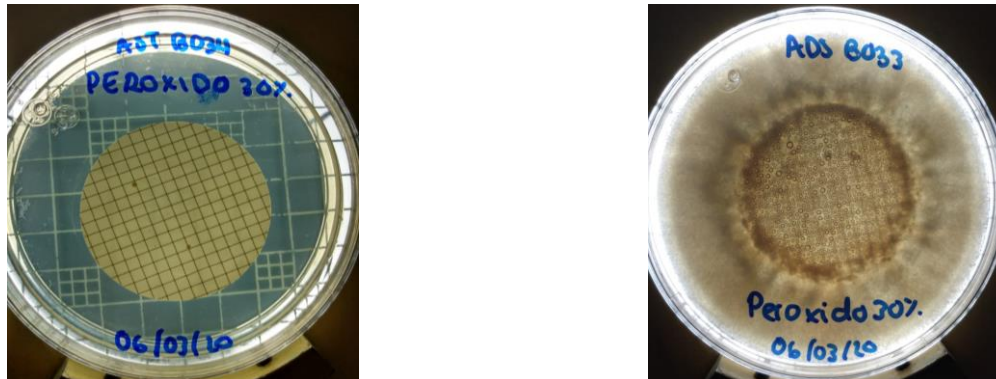


Figura 1. Resultado del análisis al sanitizante n°1 (Peróxido de hidrogeno). Se observó crecimiento de hongos filamentosos en medio ADS (derecha) y dos UFC de bacterias en medio AST (izquierda).



Figura 2. Resultados del análisis al sanitizante n°2 (cloro). Se observó crecimiento tanto de hongos filamentosos en medio ADS (derecha) y bacterias en medio AST (izquierda).



En lo que respecta para el cloruro de benzalconio, reportaron en estudio realizado por Lineback y Tongyu, observaron que los compuestos de amonio cuaternario no son sanitizantes efectivos en cuanto a la reducción de microorganismos (Lineback et al., 2018), en lo que respecta a nuestro estudio fue de un porcentaje de reducción de 100% ya que no hubo presencia de microorganismos en los medios de cultivo (Figura 3), por lo que demuestra que el sanitizante si presenta una efectiva actividad germicida ante bacterias e incluso con hongos filamentosos.

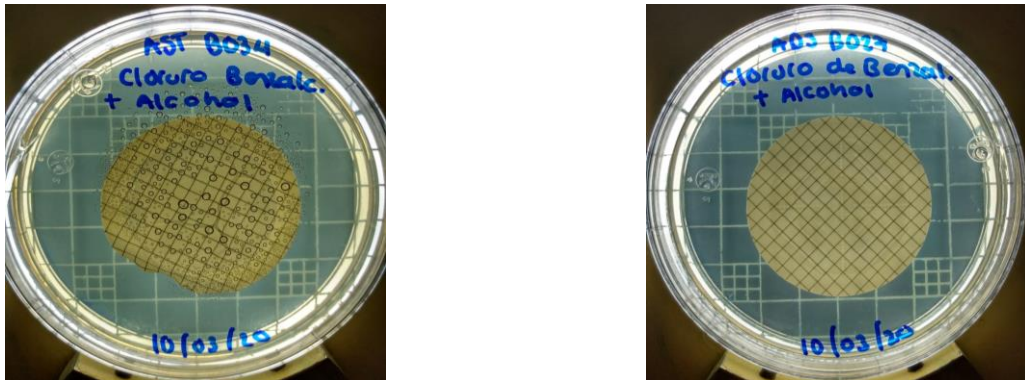


Figura 3. Resultados del análisis al sanitizante n°3 (cloruro de benzalconio/etanol). Se observó una total reducción de los microorganismos en ambos medios de cultivo.

En el caso del etanol, los resultados de Ribeiro y col; demuestran que la desinfección con alcohol al 70% o en concentración aproximada de los artículos de salud semicríticos no son de forma segura (Ribeiro et al., 2015), por lo que el etanol evaluado en esta investigación se lograron reducir en un 100% la contaminación microbiana (Figura 4).



Figura 4. Resultados del sanitizante n°4 (Etanol). En las imágenes se puede observar que no hubo crecimiento microbiano en ambos medios de cultivo.



## Conclusión

En la presente investigación se observó que los sanitizantes evaluados son una alternativa de uso para la planta de osmosis inversa, esto con la finalidad de lograr dar una mejora a la calidad del sistema de agua utilizada. Los sanitizantes de peróxido de hidrogeno, cloruro de benzalconio y etanol, demostraron eficacia en cuanto al porcentaje de reducción de los microorganismos utilizados, lo que demuestra que son aptos para ser aplicados en la planta de osmosis inversa

## Referencias

- De Pedro, J. (2005). Formas farmacéuticas en veterinaria. *Farmacia Profesional*, 19(02), 74-79. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-pdf-13072123>.
- García-Robles, J., Medina, L., Mercado, J., & Báez, R. (2017). Evaluación de desinfectantes para el control de microorganismos en frutas y verduras. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosech*.
- Lineback, C. B., Nkemngong, C. A., Wu, S. T., Li, X., Teska, P. J., & Oliver, H. F. (2018). Hydrogen peroxide and sodium hypochlorite disinfectants are more effective against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms than quaternary ammonium compounds. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*. <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0447-5>
- Norma Oficial Mexicana NMX-BB-040-SCFI-1999. (1999). Método general de análisis-Determinación de la actividad antimicrobiana de productos germicidas. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14197834/nmx-bb-040-scfi-1999-metodos-generales-de-analisis>.
- Rivas-Pérez, R., J. Sotomayor-Moriano, C.G. Pérez-Zúñiga, E. M. C.-M. (2016). Diseño de un GPC multivariable basado en una PC industrial para el control de una unidad de ósmosis inversa de una industria farmacéutica. *Revista Mexicana de Ingeniería Química DISE*. [www.rmiq.org](http://www.rmiq.org).
- Ribeiro, M. M., Neumann, V. A., Padoveze, M. C., & Graziano, K. U. (2015). Eficacia y efectividad del alcohol en la desinfección de materiales semicríticos: revisión sistemática. *Latino-Am. Enfermagem*. <https://doi.org/10.1590/0104-1169.0266.2611>.
- WHO. (2011). Good manufacturing practices: water for pharmaceutical use. World Health Organization. Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations, 929, 71,79.



**VI CONGRESO INTERNACIONAL XVIII CONGRESO NACIONAL**  
**SOBRE RECURSOS BIÓTICOS DE ZONAS ÁRIDAS**

Universidad Autónoma Chapingo  
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas  
Km. 40 Carr. Gómez Palacio - Chihuahua  
Bermejillo, Durango, México C.P. 35230  
Teléfonos: 871 980 13 40 al 56 y 871 980 00 66 al 69



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**  
**UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS**

[rebiza@chapingo.uruz.edu.mx](mailto:rebiza@chapingo.uruz.edu.mx)

<https://congresorebiza.mx>