



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para  
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas.

# MEMORIA

27 y 28 de Octubre de 2021



**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**KANSAS STATE  
UNIVERSITY**

**Oregon State  
UNIVERSITY**

**OSU**

**GBMc  
& ASSOCIATES**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

## Directorio

### Universidad Autónoma Chapingo

**Dr. José Solís Ramírez**

Rector

**Dra. H. Gloria Calyecac Cortero**

Directora General Académica

**Dr. Arturo Hernández Montes**

Director General de Investigación y Posgrado

**Q.F.B. Hilda Flores Brito**

Directora General de Administración

**M. Sc. Buenaventura Reyes Chacón**

Director General de Patronato

### Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

**M. C. Rafael Carrillo Flores**

Vicerrector

**M. C. Oscar Esquivel Arriaga**

Subdirector Académico

**Dr. Jesús G. Arreola Ávila**

Subdirector de Investigación y Posgrado

**M.C. Cristóbal Hernández Bautista**

Subdirector Administrativo

**Ing. Juan Germán Acosta Gutiérrez**

Subdirector de Patronato



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

## **Memoria:**

# **Ponencias Orales y Carteles**

### **Compiladores:**

José Manuel Cisneros Vázquez, Gonzalo Hernández Ibarra, Jesús G. Arreola Ávila,  
Ricardo Trejo Calzada, Fabián García González y Miguel Ángel Mata Espinosa.



**XVII** CONGRESO  
NACIONAL **V** CONGRESO  
INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

## **Coordinador General**

Dr. José Manuel Cisneros Vázquez

## **Comité Organizador**

Dr. Jesús G. Arreola Ávila

Dr. Fabián García González

M.C. Gabriel García Herrera

M.C. Gonzalo Hernández Ibarra

Dr. Miguel Ángel Mata Espinosa

Dr. Ricardo Trejo Calzada

Primera Edición: Noviembre, 2021.

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.

Tel. 01(872)7760160, 60190

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

## **Presentación**

Los recursos naturales son precursores del bienestar y desarrollo social. Además, son fuente productora de energías renovables, verdes o alternas. Desde su origen el hombre ha estado ligado a la energía solar, la cual a la vez tiene un papel primordial en el fenómeno de la fotosíntesis, importante en la producción primaria, generadora de alimentos. El manejo y explotación irracional de la flora y la fauna, ignorando la esencia de la satisfacción elemental, ha conducido a su deterioro o pérdida, poniendo en riesgo, en algunos casos, su sobrevivencia. En este sentido, es vital valorar la importancia de los recursos naturales y energías renovables. El uso y el manejo racional de estos recursos suponen un reto y una oportunidad inmediata para el bienestar del planeta. Este XVII Congreso Nacional y V Congreso Internacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas en modalidad virtual, pretende establecer un enlace entre investigadores, académicos, profesionistas, productores, estudiantes, sociedad civil y público en general. El objetivo de este evento bajo modalidad virtual es el de compartir los resultados de investigación, relacionados con los ejes temáticos sobre tecnologías de producción agrícola, pecuaria y forestal; recursos naturales y medio ambiente; cambio climático e impacto ambiental, así como energías renovables.

## **Comité Organizador**

## Conferencistas Magistrales

### Ph.D. Serkan Ates

Serkan Ates curso sus estudios de Licenciatura en Ciencias Agrícolas con un área mayor en Ciencia Animal en Selcuk University, Konya, Turquía. Tiene una Maestría en Nutrición Animal en Suleyman Demirel University, Isparta, Turquía. Cuenta con un Doctorado en in Pasture Agronomy, Plant Sciences en Lincoln University, Canterbury. Nueva Zelanda. Desde 2016, es Profesor Asociado en Oregon State University y su investigación se centra en el manejo de pastizales para la producción animal sostenible, evaluación de herbáceas con alto contenido de compuestos bioactivos para la producción ganadera, efectos sobre la salud y el medio ambiente, producción ganadera en sistemas agrivoltaicos y manejo de leguminosas anuales en condiciones de temporal.



### Ph.D. Tania Rodríguez Chávez

Tania Rodríguez completó una licenciatura en Ingeniería Química en el Instituto Tecnológico de Mexicali. Tiene una Maestría y un Doctorado en Environmental Engineering en The University of Arizona. Su investigación se centró en el transporte, la distribución del tamaño y el contenido químico de la contaminación atmosférica de las operaciones mineras en un sitio en el sur de Arizona. Trabajó en temas de calidad del aire para la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de Baja California, México, donde tuvo la oportunidad de participar en las reuniones del Grupo de Trabajo de Calidad del Aire Imperial - Mexicali con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la Junta de Recursos del Aire de California y el Distrito de Control de la Contaminación del Aire del Condado Imperial. Actualmente, trabaja para GBMc & Associates en Arkansas, USA realizando estudios ambientales.



## Ph. D. Ignacio Sánchez Cohen

Doctor en ciencias en Arid Lands por The University of Arizona, Maestro en Ciencias con especialidad en Manejo de los Recursos Agua y Suelo por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, e Ingeniero Agrónomo con especialidad en Riego y Drenaje por la Universidad de Sonora. Su principal línea de investigación ha sido la Modelación de Procesos Hidrológicos en la que ha desarrollado algoritmos y software para auxilio en la toma de decisiones. Participó como consultor y asesor a través de la AMEXCID en proyectos de desarrollo de capacidades con los gobiernos de Jamaica, Belice, Panamá y Costa Rica. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1986 y actualmente cuenta con Nivel II. Trabaja en el Centro Nacional de Investigación en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA – INIFAP), como investigador titular.



## Ph. D. Rocio Reyes Esteves

Rocio Guadalupe Reyes Esteves es Ingeniera en Irrigación por la Universidad Autónoma Chapingo. Cuenta con una Maestría y un Doctorado en Biosystems Engineering, ambos en The University of Arizona. Las áreas de énfasis de su posgrado se enfocaron en el estudio y modelación del riego por goteo subterráneo con alfalfa y vegetales, con la finalidad de optimizar y proporcionar el mejor diseño y manejo de agua de los cultivos con este sistema de riego. Actualmente es investigadora postdoctoral en Kansas State University, donde realiza actividades de investigación en campo y laboratorio relacionadas con la optimización de la eficiencia del riego en alfalfa y maíz en el noroeste de Kansas y la región de las Grandes Llanuras de Estados Unidos.



## Conferencista por Invitación

### **Ing. Gabriel Sepúlveda Viramontes**

Egresado de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, de la carrera de Ingeniero en Sistemas Pecuarios (Generación 2005-2010). Se desempeña como Asistente de Gerencia de una importante empresa productora de bovinos de carne.



**Nota Importante:**

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

## Contenido

### Conferencia Magistral

SISTEMA EXPERTO COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES EN AGRICULTURA BAJO INCERTIDUMBRE CLIMÁTICA.....	1
ASSESSING HYDRUS-2D MODEL TO EVALUATE WATER CONTENT IN VERTICAL DIRECTION FOR ALFALFA UNDER SUBSURFACE DRIP IRRIGATION.....	6

### Ponencias Orales

CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE TOMATE ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) L. VAR. SALADETTE CON USO DE MICORRIZAS.....	21
ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA Y COMPETITIVA PARA LA REVALORIZACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS .....	25
EVALUACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN MAÍZ FORRAJERO MEDIANTE NDVI UTILIZANDO SENSORES REMOTOS Y MEDICIONES IN SITU .....	30
EXTRACCIÓN Y EVOLUCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN LA MANZANA GOLDEN DELICIOUS PRODUCIDA EN LA LOCALIDAD DE CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA .....	35
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AEROPÓNICO DE MINI-PFAL (PLANT FACTORY WITH ARTIFICIAL LIGHTING) CON CONTROL AUTOMATIZADO GESTIONADO POR SISTEMA EMBEBIDO .....	41
MODELO MATEMÁTICO DE BALANCE DE FERTILIZANTES EN SORGO .....	46
COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE PITAHAYA ( <i>Hylocereus</i> spp.) EN ILUMINACIÓN DE LED'S .....	51
EVALUACIÓN <i>IN VITRO</i> DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE Y ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE PROPÓLEO .....	56
CARACTERIZACIÓN TÉRMICA Y FENOLÓGICA DE MATERIALES DE NOGAL PECANERO [ <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) K. Koch] DE MADURACIÓN TEMPRANA.....	63
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE TRÉBOL BLANCO ( <i>Trifolium repens</i> L.) PASTO OVILLO ( <i>Dactylis glomerata</i> L.), BALLICO PERENNE ( <i>Lolium perenne</i> L.), EN EL SURESTE DE COAHUILA .....	67
CALIDAD DE CALOSTRO E INMUNIDAD PASIVA EN NEONATOS INCREMENTA CON EL NÚMERO DE PARTOS DE LA MADRE .....	71
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FRECUENCIAS, SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD ENTRE IELISA Y PAL EN EL DIAGNÓSTICO DE BRUCELOSIS BOVINA EN TANQUE DE LECHE .....	76
PESO AL NACIMIENTO Y DESARROLLO POSTNATAL INCREMENTA CON EL NÚMERO DE PARTO DE LA MADRE.....	81
EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA SOBRE EL PERFIL METABÓLICO DE CABRAS GESTANTES .....	86
EFFECTOS DEL USO DE IMPRESORA TERRESTRE EN HIDROLOGÍA DE CUENCAS EN TIERRAS ÁRIDAS DEL NORTE DE MÉXICO .....	92

EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS PARA LA EXTRACCIÓN DE DNA GENÓMICO DE ALTA CALIDAD DE <i>Argemone spp.</i> (Papaverales: Papaveraceae) .....	97
IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA POR MEDIO DE ANÁLISIS FILOGENÉTICOS DE MÁXIMA VEROSIMILITUD Y BAYESIANOS DE <i>Scleroderma</i> CEPA s.l. ESPECIE DE HONGO ECTOMICORRIZÓGENO ASOCIADO A <i>Carya illinoensis</i> .....	101
ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN DE LAS ZONAS ÁRIDAS DE MÉXICO BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y DOS HORIZONTES DE TIEMPO FUTURO .....	105
EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CONDICIONES DE ARIDEZ DE MÉXICO A PARTIR DE DOS MODELOS DE LA 6ª COMUNICACIÓN DEL IPCC .....	106
LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE LOS ESTADOS ÁRIDOS DEL NORTE DE MÉXICO EN EL PERIODO 1985-2020.....	112
CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA EN SEMILLAS DE <i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto (BIZNAGA DULCE O BIZNAGA BURRA) .....	116
USO DE IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN PARA CUANTIFICAR EL IMPACTO DE LA GANADERÍA EN UN AGOSTADERO EN EL MUNICIPIO DE HIDALGO, ESTADO DE DURANGO, MÉXICO.....	120
GOOGLE EARTH ENGINE PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA .....	126
SÍNTESIS VERDE Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC.....	131
ANÁLISIS DEL EFECTO DE SACAROSA EN LA MORFOLOGÍA Y GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DE DOS POBLACIONES DE <i>Dasyllirion</i> sp. DEL ESTADO DE CHIHUAHUA .....	132
CARACTERIZACIÓN DEL BOSQUE DE <i>Pinus nelsonii</i> Shaw. EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ .....	137
APROVECHAMIENTO DE <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (GARAMBULLO) EN LA COMUNIDAD DEL GARABATILLO, DOLORES HIDALGO, GTO. ....	141
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FITOQUÍMICA DE LOS CLADODIOS DE <i>O. engelmannii</i> , <i>O. phaeacantha</i> , <i>O. macrocentra</i> y <i>O. ficus-indica</i> .....	147
ECOLOGÍA DE <i>Echinocactus horzonthalonius</i> (Cactaceae) DENTRO DE LA REGIÓN MEDANOS DE SAMALAYUCA .....	152
ANÁLISIS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE MURCIÉLAGOS EN EL MATORRAL XEROFITO DE PUEBLA, MÉXICO.....	156
DISEÑO INSTITUCIONAL DEL SISTEMA AGROALIMENTARIO DEL AGAVE EN AGUASCALIENTES .....	162
SUSTENTO METODOLÓGICO PARA EL USO DE LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL INEGI PARA ANÁLISIS DE DINÁMICA DE ECOSISTEMAS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS EN MÉXICO: SERIE VI.....	168
MICORRIZAS EN LA FORMACIÓN Y LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN DOS TIPOS DE SUELO .....	172
<b>Carteles</b>	
<b>Eje Temático 1: Tecnologías en Producción Agrícola, Pecuaria y Forestal</b>	
EL RIEGO MODIFICA EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS CLADODIOS DE NOPAL TUNERO .....	178

INDICADORES QUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS DEL MUCILAGO EN TRES VARIEDADES DE NOPAL ( <i>Opuntia spp.</i> ) A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD EN EL SUELO .....	184
ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LA LECHERÍA BOVINA SEMITECNIFICADA/FAMILIAR O RURAL EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA .....	188
ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LECHERÍA BOVINA SEMITECNIFICADA/FAMILIAR O RURAL EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA .....	192
EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE NANOPARTÍCULAS DE ZINC EN EL CULTIVO DE PEPINO ( <i>Cucumis sativus</i> L.).....	198
VALIDACIÓN DEL EFECTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE GLOMALINA EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ.....	202
POTENCIAL HIPOGLUCEMIANTE DE PASTAS ELABORADAS CON FÉCULA DE TRIGO Y HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL NEGRO .....	205
PRESENCIA DEL GORGOJO DEL AJO EN LÍNEAS AVANZADAS DE AJO EN ZACATECAS, MÉXICO .....	209
CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE SUELO PARA DETERMINAR IDONEIDAD DE CULTIVO DE HIGO ( <i>Ficus carica</i> L.) .....	214
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE DOS VARIEDADES DE ARÁNDANO ( <i>Vaccinium spp.</i> ) EN CONDICIONES PROTEGIDAS .....	217
EFFECTO DEL ACOLCHADO CON PLÁSTICOS DE COLORES EN LA INCIDENCIA DE VIROSIS EN MELÓN EN FECHA TARDÍA EN LA COMARCA LAGUNERA .....	222
MICROTUNELES Y ACOLCHADOS CON PLÁSTICOS DE COLORES EN MELÓN EN FECHA TARDÍA PARA EXTENDER SU TEMPORADA PRODUCTIVA EN LA COMARCA LAGUNERA .....	225
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE SIEMBRA DE AVENA CON CHÍCHARO FORRAJERO EN CONDICIONES DE TEMPORAL .....	228
ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES AGRONÓMICAS Y ESTIMADORES DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN FORRAJE DE MAÍZ.....	232
CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO MÁLICO EN TEJIDO FOTOSINTÉTICO DE NOPAL TUNERO EN CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL.....	238
CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE FRUTOS DE DURAZNERO ABONADO CON DIFERENTES MATERIALES ORGÁNICOS.....	243
COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS EN VOLUMEN DE COSECHA DE LAS VARIEDADES RED DELICIOUS Y TOP RED EN EL CULTIVO DE MANZANO ( <i>Malus domestica</i> ) EN CANATLÁN, DGO.....	249
ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO PARA EL CONTROL NEMATICIDA A PARTIR DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO ( <i>Lippia graveolens</i> ).....	252
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN TRITICALE (X. <i>Triticosecale</i> Witt.).....	256
DOS ARREGLOS TOPOLÓGICOS Y CRECIMIENTO DE FRIJOL “PINTO SALTILLO” EN CONDICIONES COMERCIALES EN MORELOS, ZACATECAS, MÉXICO .....	262

LA NUTRICIÓN, USO DE <i>Glomus intraradices</i> Y PERMANENCIA DE HOJAS COTILEDONALES EN PLÁNTULA DE CHILE DE ÁRBOL EN CONDICIONES DE INVERNADERO .....	266
FERTILIZACIÓN DE PLÁNTULA DE PEPINO EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN CALERA ZACATECAS, MÉXICO .....	270
DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE ÁCIDO ABCSÍCO EN NUEZ PECANERA CON PROBLEMAS DE VIVIPARIDAD MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE CAPA FINA .....	274
DISEÑO DE PRIMERS PARA PCR DE PUNTO FINAL RELACIONADOS CON LA VIVIPARIDAD DE LA NUEZ PECANERA ( <i>Carya illinoensis</i> ) .....	277
EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS DE EXTRACCIÓN DE RNA TOTAL DE <i>Aloe vera</i> SOMETIDO A ESTRÉS SALINO Y DÉFICIT HÍDRICO.....	281
DIAGNÓSTICO DE BRUCELOSIS DE GANADO BOVINO NATIVO DE LA COMARCA LAGUNERA CON CULTIVO DE MUESTRAS DE LECHE, SEROAGLUTINACIÓN CON ROSA DE BENGALA Y RIVANOL SEGÚN LA NOM-041-ZOO-1995 .....	286
SEROPREVALENCIA DE BRUCELOSIS EN HATOS CAPRINOS DEL EJIDO EL SALITRAL MUNICIPIO DE LERDO, DURANGO .....	292
RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN GLI BASADO EN IMÁGENES DE DRON CON LA ETAPA FENOLÓGICA Y LOS RENDIMIENTOS DEL CULTIVO DE AVENA ( <i>Avena sativa</i> L.) .....	297

## Carteles

### Eje Temático 2: Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable

ESPECIES SILVESTRES DE <i>Phaseolus spp.</i> L. EN LA REGIÓN ÁRIDA DEL ESTADO DE DURANGO .....	303
HIBRIDO DE <i>Phaseolus</i> ( <i>Phaseolus vulgaris</i> X <i>Phaseolus cf. acutifolius</i> ) COMO MALEZA AGRÍCOLA, EN LA REGIÓN ÁRIDA DEL ESTADO DE DURANGO .....	308
DIVERSIDAD DEL GÉNERO <i>Cosmos spp.</i> EN LA COLINDANCIA DE LOS ESTADOS DE DURANGO, ZACATECAS Y JALISCO. ....	313
CONCENTRACIÓN DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN GENOTIPOS DE <i>Lotus corniculatus</i> L. EN RESPUESTA A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD DEL SUELO .....	316
EFFECTO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE ACLAREO EN LA HUMEDAD DEL SUELO DE UN BOSQUE SEMISECO DE ENCINO-PINO .....	320
ANÁLISIS SENSORIAL DE UN TALLARÍN ENRIQUECIDO CON HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL: OPCIÓN PARA MEJORAR EL INGRESO DE LOS PRODUCTORES .....	326
DIAGNÓSTICO DEL CHILE JALAPEÑO DESDE LA PERSPECTIVA DE DEMANDA DEL CONSUMIDOR SONORENSE .....	332
COMPARACIÓN DEL INGRESO NETO EN PRODUCTORES DE DURAZNO QUE UTILIZAN TECNOLOGÍA PROPUESTA POR INIFAP VS TECNOLOGÍA TRADICIONAL .....	341
CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA, ECOLÓGICA Y SOCIAL DEL APROVECHAMIENTO MADERABLE EN PUEBLO NUEVO, DURANGO .....	345
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CONSERVACIÓN DE <i>Ferocactus histrix</i> (CACTACEAE) EN MÉXICO .....	350

MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL RATÓN DE ABAZONES RAYADO POTOSINO <i>Chaetodipus lineatus</i> DALQUEST. 1851 .....	355
EVALUACIÓN DE ACIDEZ Y PESO DE FRUTOS EN ACCESIONES DE <i>Ficus carica</i> L. DE LA COMARCA LAGUNERA .....	361
CAPTURA Y ANILLAMIENTO DE AVES DE PASTIZAL .....	365
SUSCEPTIBILIDAD DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) A ANTRACNOSIS ( <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> ) .....	367
LAS BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO MEJORAN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA EN FRUTOS DE PEPINO .....	372
DESARROLLO NATURAL DE LESIONES CAUSADAS POR PATÓGENOS DEL SUELO EN PLANTAS DE FRIJOL .....	377
INSECTOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON PARÁMETROS AMBIENTALES EN EL PARQUE ESTATAL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ .....	381
DIVERSIDAD DE AVES EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA "PARQUE ESTATAL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ", LERDO DURANGO, MÉXICO .....	386
EFFECTO DEL RIEGO Y ALMACENAMIENTO EN EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN TUNA ROJA LISA .....	389
ESCORRENTÍAS EN UNA MICROCUENCA DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE .....	392
ENVEJECIMIENTO ACELERADO EN SEMILLAS DE <i>Ferocactus pilosus</i> .....	395
METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DEL CRECIMIENTO DE LA NOCHEBUENA .....	398
MAPEO DE LA COBERTURA DE <i>Agave lechuguilla</i> Torr., POR MEDIO DE MODELADO DE NIVELES ESPECTRALES DE SENTINEL-2b .....	402
EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO EN DIFERENTES LOCALIDADES DEL ESTADO DE ZACATECAS .....	407
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Echinocereus enneacanthus</i> DE TRES ESTADOS DE MADURACIÓN DEL FRUTO .....	412
APORTACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA BIZNAGA DE DEDOS LARGOS EN UNA ZONA PROTEGIDA EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA "BARRANCA DE METZTITLÁN", ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO .....	416
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE SELECCIONES DE DURAZNERO .....	419
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE ARBUSTOS FORRAJEROS EN EL NORTE DE MÉXICO .....	424
EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA SOBRE LAS COMUNIDADES BACTERIANAS DEL SUELO .....	430
CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES EN LA FAMILIA <i>Cactaceae</i> UTILIZANDO COMO MARCADOR EL FRAGMENTO <i>rbcl</i> .....	437
IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES DE <i>Quercus</i> (L.) MEDIANTE EL USO DEL CÓDIGO DE BARRAS DE ADN ITS2 .....	441

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PASTO BANDERILLA BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACIÓN Y LABRANZA MÍNIMA EN ZACATECAS (SEXTO AÑO DE EVALUACIÓN) .....	446
ACLIMATACIÓN DE PLÁNTULAS DE <i>Agave potatorum</i> Zucc. Y <i>Agave tequilana</i> Weber OBTENIDAS IN VITRO .....	451
DETERMINACIÓN DE LA CL <sub>50</sub> DE EXTRACTOS ETANOLICOS DE <i>Argemone pleiacantha</i> Greene EN ADULTOS DE MOSCA BLANCA <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) .....	455
EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN DE HUERTAS DE LIMÓN SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO .....	460
DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE <i>Quercus canbyi</i> Trel. SOBRE EL PLANO TRANSVERSAL .....	466
FLORACIÓN Y MADURACIÓN EN SELECCIONES DE DURAZNERO EN AGUASCALIENTES.....	470
EFFECTO DE TRATAMIENTOS ORGÁNICOS EN EL CONTROL DE <i>Varroa destructor</i> EN POBLACIONES DE <i>Apis mellifera</i> .....	474
REGISTROS NOTABLES DE VENADO COLA BLANCA ( <i>Odocoileus virginianus</i> , Zimmermann, 1780) EN DOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE CUATRO MUNICIPIOS DE DURANGO, MÉXICO .....	480
COMPARACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EN DOS PERIODOS DEL AÑO EN EL MUNICIPIO DE MAPIMÍ, DURANGO, MEDIANTE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS.....	485
USO Y PREFERENCIA DE SITIOS DE PERCHA POR ESPECIES DE PALOMAS ( <i>Columbidae</i> ) EN EL EJIDO LA VICTORIA, MAPIMÍ, DURANGO, MÉXICO .....	489

## Carteles

### Eje Temático 3: Cambio Climático e Impacto Ambiental

DIFERENCIAL LEUCOCITARIO DEL GORRIÓN DE BAIRD ( <i>Centronyx bairdii</i> ; AUDUBUN, 1844) .....	495
PROPAGACIÓN DE TEJIDOS DE <i>Agave potatorum</i> Zucc. EN SISTEMA DE INMERSIÓN TEMPORAL RITA® .....	497
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN CULTIVOS DE NARANJA .....	502
SÍNTOMAS ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR FITOPLASMAS Y CURTOVIRUS EN ACELGA EN AGUASCALIENTES .....	508
ENVEJECIMIENTO ACELERADO Y SU EFFECTO EN LA CALIDAD DE SEMILLAS DE <i>Echinocereus stramineus</i> .....	512
ANÁLISIS DE LAS GUÍAS DE ELABORACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXICO.....	515
DISTRIBUCIÓN DE LAS FRACCIONES DE C ORGÁNICO OXIDABLE EN SUELOS BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA EN EL NORESTE DE MÉXICO .....	519
FRECUENCIAS SIGNIFICATIVAS EN SERIES DE ANILLOS DE ÁRBOLES EN EL NORESTE DE MÉXICO ....	524
EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS SOBRE CRECIMIENTO DEL PINO PIÑONERO .....	528

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE SUELO EN EL PROGRAMA MUNICIPAL DE RESTAURACIÓN DE SUELOS Y REFORESTACIÓN .....531

SPI VS SPEI ¿CUÁL ÍNDICE ES MÁS SENSIBLE A EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS?: CASO DE ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO MAYO, SONORA ..... 534

TELEDETECCIÓN MULTIESPECTRAL POR MEDIO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS: HERRAMIENTA PARA EL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ECOSISTEMAS RIPARIOS ..... 540

ALTERACIÓN DE LAS COMUNIDADES BACTERIANAS DEL SUELO DESPUÉS DE UN INCENDIO FORESTAL EN LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, MÉXICO ..... 546

## Conferencias Magistrales

### SISTEMA EXPERTO COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES EN AGRICULTURA BAJO INCERTIDUMBRE CLIMÁTICA

Ignacio Sánchez Cohen<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo Calzada<sup>2</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>3</sup>, Sergio Iván Jiménez Jiménez<sup>4</sup>, Gabriel Díaz Padilla<sup>5</sup>, Rafael A. Guajardo Panes<sup>6</sup>

<sup>1,4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Plata Atmósfera. <sup>2,3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas <sup>5,6</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Golfo Centro. \* Autor de correspondencia: sanchez.ignacio@inifap.gob.mx

#### Introducción

En las zonas áridas de México habitan más de 23 millones de personas (SEMARNAT, 2014) que son afectadas recurrentemente por sequías (Sánchez et al. 2014). La disponibilidad de agua para los diversos usos es una situación crítica en el mundo, (Kummu et al 2016). Estas condiciones han propiciado que los tomadores de decisiones requieran de herramientas científico – tecnológicas que los auxilien en la toma de decisiones. En esta tesitura, Sánchez, et al (2015) han desarrollado un sistema de ayuda a la toma de decisiones cuya plataforma es dinámica y ha evolucionado a través del tiempo incorporando diferentes algoritmos para robustecer la base del conocimiento que involucra el sistema. La plataforma que ahora se presenta incluye: algoritmos para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia, estimador rápido del balance de agua y su impacto en rendimientos de cultivos, modelo estocástico de simulación del balance de agua en el suelo, así como un directorio de campos y centros experimentales del INIFAP y la Universidad Autónoma Chapingo, a donde el usuario puede recurrir en caso necesario, entre otros aspectos.

#### Materiales y Métodos

La plataforma se realizó con programación mixta: Fortran, Delphi y Python. El punto medular del programa computacional es el cálculo del balance hídrico acorde a:

$$\Delta S_i = \Delta S_{i-1} + [Pp + Q + \delta]_i - [Et + Qo + Z]_i \quad (1)$$

Donde  $\Delta S_i$  es el contenido de humedad en el suelo en un determinado día (i), Pp es la precipitación pluvial (mm), Q es el escurrimiento hacia el punto de control (mm), Et es la evapotranspiración máxima (mm), Qo es el escurrimiento fuera del punto de control (mm) y Z es la percolación profunda (mm). Los diferentes módulos que incluye la aplicación cuentan a su vez con programas ejecutables.

El modelo permite realizar “n” número de simulaciones del balance de agua en el suelo generando la precipitación de manera estocástica acorde a:

$$F_{x_1}(x) = P(x_1 \leq x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (2)$$

Donde el parámetro  $\lambda$  es el inverso de la precipitación diaria (Sanchez et al 1997). Se utiliza un esquema Markoviano de primer orden que considera dos estados definidos por la matriz probabilística de transición.

$$p_{ij}(n) = P(X_n = j | X_{n-1} = i); \quad i, j = 0, 1; n = 1, 2, \dots, 120 \quad (3)$$

Donde el estado 0 significa un día sin lluvia y el estado 1 un día lluvioso:

$$p_{i1}(n) = 1 - p_{i0}(n); \quad i = 0, 1 \quad (4)$$

Si el modelo “detecta” que el rendimiento estimado, después de las simulaciones, es menor al 50% del rendimiento del cultivo esperado (dato de entrada), entonces se activa una opción que remite al usuario a la base del conocimiento la cual reside en una computadora (servidor) del INIFAP CENID RASPA. Una de las opciones para sobrellevar el déficit hídrico es la captación de agua de lluvia, así la aplicación considera el diseño de microcuencas, terrazas y captación para consumo humano y agricultura de traspatio. La figura 1 señala el diagrama de seguimiento para las consultas y cálculos que realiza la plataforma. Al inicio en la pantalla principal algunos botones están deshabilitados y se habilitan conforme se va avanzando en las consultas.

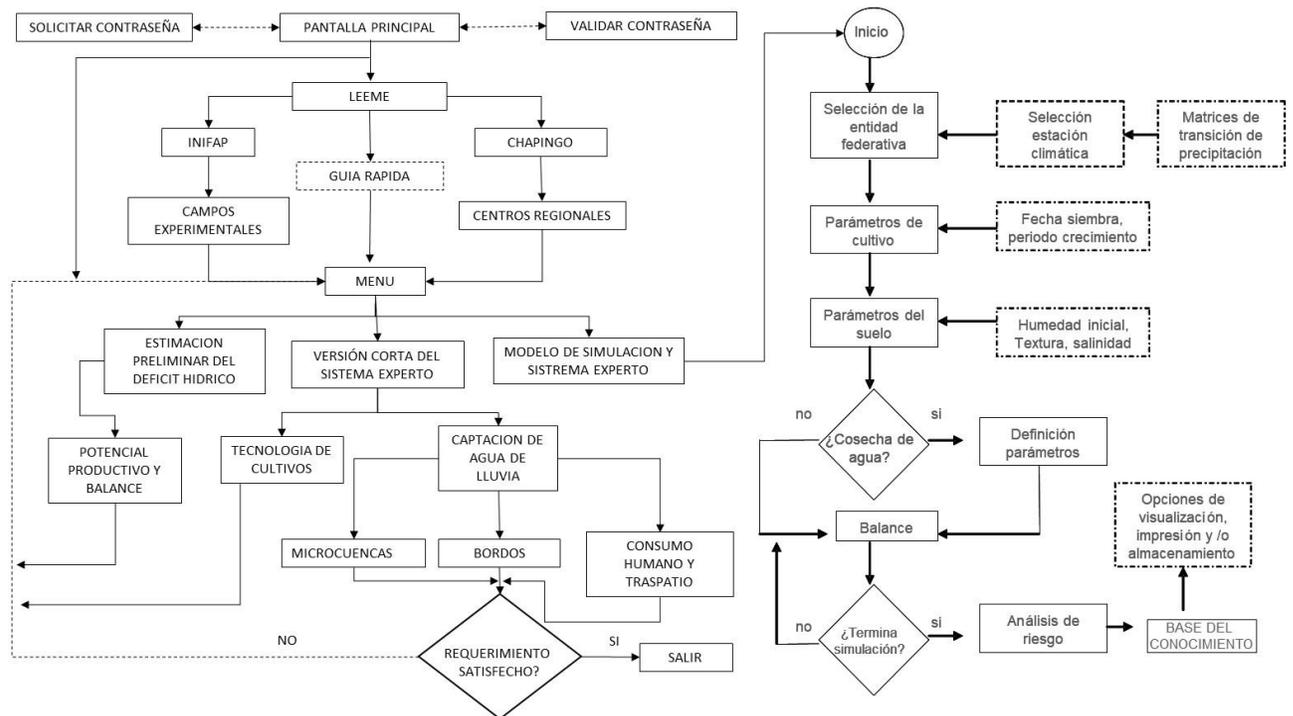


Figura 1: Diagrama general del sistema experto. La plataforma cuenta con ayudas que guían al usuario en el uso de los diferentes algoritmos

## Resultados y Discusión

La figura 2, muestra la pantalla principal de acceso al sistema. Cabe destacar que cada aplicación que se invoque, tiene un archivo de ayuda para facilitar la operación del usuario. La figura 3 señala un ejemplo de la opción de captación de agua de lluvia en bordos y la figura 4 un ejemplo del balance en la opción de captación de agua de lluvia para consumo humano y agricultura de traspatio. La Figura 5 muestra los diagramas de flujo para el cálculo de Microcuencas, Terrazas, para Bordos o Jagueyes. Y consumo humano y agricultura de traspatio La plataforma sirve como soporte a la toma de decisiones cuando la demanda sobrepasa a la oferta de agua. Presenta múltiples opciones tecnológicas para sobrellevar el riesgo que impone la carencia de agua. La base del conocimiento del sistema experto se puede retroalimentar por parte de los usuarios del sistema.

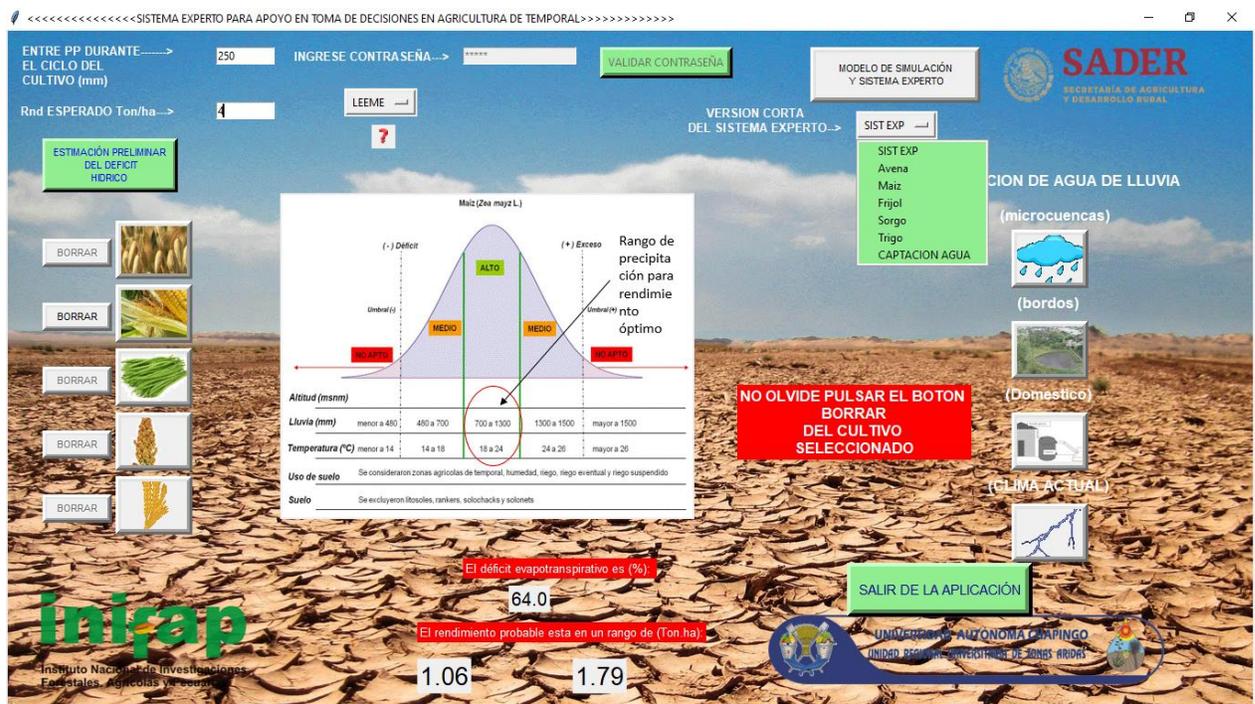
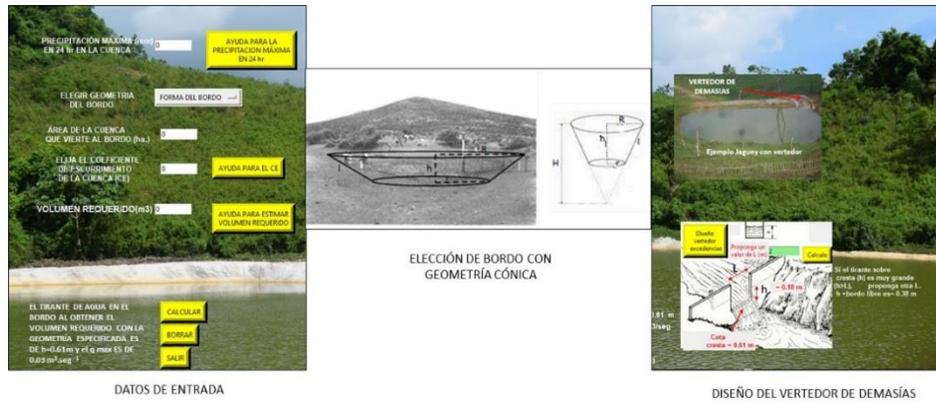


Figura 2. Pantalla principal con algunas aplicaciones activadas. La figura al centro refiere los umbrales agroclimáticos del cultivo maíz indicando el rendimiento potencial si ocurriera la precipitación pluvial indicada en la esquina superior izquierda. En la versión corta del sistema experto se presentan cultivos que al invocarlos se remite al usuario a la base del conocimiento donde se presenta la tecnología disponible para sobrellevar el déficit hídrico para el cultivo y entidad federativa requerida. También se señalan los botones para el diseño de diferentes sistemas de captación de agua de lluvia



DATOS DE ENTRADA

ELECCIÓN DE BORDO CON GEOMETRÍA CÓNICA

DISEÑO DEL VERTEDOR DE DEMASÍAS

Figura 3. Ejemplo del diseño de bordos. Izquierda, datos de entrada (texto en la esquina inferior izquierda señala los parámetros de diseño resultantes), centro selección de la geometría del bordo y derecha, salida que muestra el diseño del vertedor de demasías

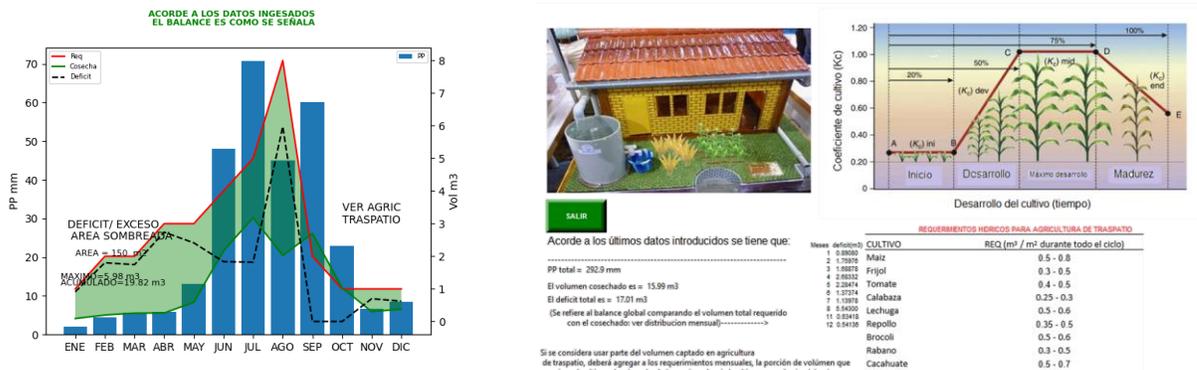


Figura 4. Ejemplo de balance en la opción de captación de agua de lluvia para consumo humano y agricultura de traspatio.

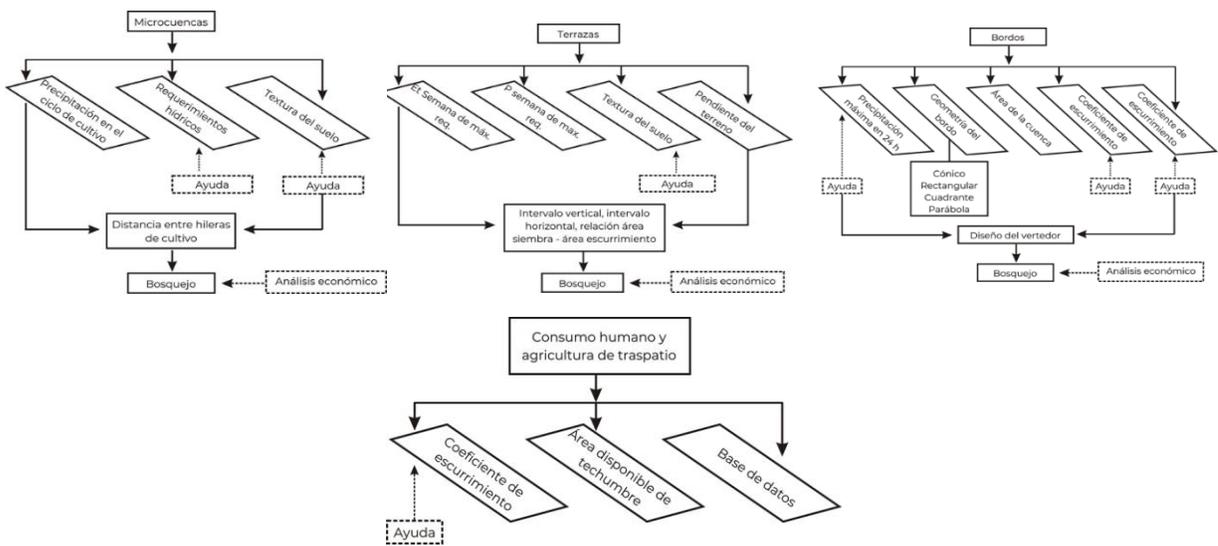


Figura 5. Diagramas de flujo para el diseño de obras de captación de agua de lluvia (Microcuencas, Terrazas, Bordos y Agricultura de Traspatio)

## Literatura Citada

- Kummu, M., J. H. A. Guillaume, H. de Moel, S. Eisner, M. Flörke, M. Porkka, S. Siebert, T. I. E. Veldkamp and P. J. Ward. 2016. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific Reports*. 15 pp.
- Sanchez-Cohen I., Esquivel Arriaga G., Velasquez Valle M., Inzunza Ibarra M., Muñoz Valenzuela A. and Bueno Hurtado P. 2014. Climate based risk assessment for maize producing areas in rain fed agriculture in Mexico, *J. Water Resour. Protect.*
- Sanchez - Cohen I., V.L. Lopez, D.C. Slack and M. M. Fogel. 1997. Water Balance Model for Small - Scale Water Harvesting Systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Pp 123 - 128
- Sanchez - Cohen, I., G. Díaz-Padilla, M. Velasquez-Valle, D. C. Slack, P. Heilman and A. Pedroza-Sandoval. 2015. A Decision Support System for Rainfed agricultural areas of Mexico. *Computer and Electronics in Agriculture*. 114: 178 - 188.
- Semarnat, 2014. El medio ambiente en México. Disponible en: [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). Última vez consultado: Octubre 1, 2021.

## ASSESSING HYDRUS-2D MODEL TO EVALUATE WATER CONTENT IN VERTICAL DIRECTION FOR ALFALFA UNDER SUBSURFACE DRIP IRRIGATION

Rocio Guadalupe Reyes Esteves<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Northwest Research-Extension Center. Kansas State University. 105 Experiment Farm Drive, Colby, KS 67701, USA. \*Corresponding author: rociore@ksu.edu +1 (520) 658 - 7217

### Abstract

Subsurface drip irrigation (SDI) is considered one of the most efficient irrigation systems. Realizing the full potential of SDI technology requires optimizing the design and management parameters available to irrigation engineers, such as the frequency, discharge rates, duration of water application, and placement of drip tubing. A better understanding of the infiltration process around a buried point source can increase water use efficiency and consequently the success of a drip irrigation system. The use of numerical simulations is a fast and inexpensive approach to studying optimal design and management practices. Some work has been done to investigate the accuracy of numerical simulations, leading one to question the usefulness of simulation as a research and design tool. In this study, an HYDRUS-2D simulation model was compared with experimental data with the aim to assess the soil-water content and distribution consequent to SDI. Alfalfa irrigated with SDI on a silt loam soil in Colby, Kansas, and 2005 weather data was used. One irrigation level designed to replace 100% of the calculated crop evapotranspiration minus precipitation was modeled. A neutron probe determined the water content distribution in the soil with three replicates. The HYDRUS-2D modeling results of the water content distribution are found to be in excellent agreement with the observed data. The results support the use of HYDRUS-2D as a tool for investigating and designing SDI management practices for alfalfa, a crop known for its high water use and profitability.

**Keywords:** HYDRUS-2D, subsurface drip irrigation, soil water content, modeling, simulation.

### Introduction

Subsurface drip irrigation (SDI) is described as the application of water below the soil surface through emitters with discharge rates usually in the same range as surface drip irrigation (ASAE 2005). SDI is a well-known alternative irrigation technology with superior application efficiencies. Compared with other irrigation methods, drip irrigation has been considered the most efficient form. An adequately managed SDI system wets the root zone uniformly throughout the field while maintaining a dry soil surface (Lamm et al., 2012). Water losses due to evaporation and the consequent growth of weeds are therefore reduced and deep percolation eliminated. A properly designed SDI system allows water use efficiency values higher than 95% (Payero 2002); therefore, more than 95% of the supplied water, kept in the root zone, has beneficial use for the crops. In addition, SDI minimizes the direct contact between water, plants, and fruits, avoiding sanitary risks of low-quality water use (Reyes and Slack, 2021).

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is a forage crop with large crop water needs because of its long growing season, and thus highly efficient irrigation systems, such as SDI, might substantially reduce total irrigation water demand. In some regions, the water distribution for irrigation is limited by hydrogeological or institutional restrictions, so SDI can effectively increase alfalfa production by increasing crop transpiration while reducing or eliminating irrigation runoff, deep percolation, and soil water evaporation (Lamm et al., 2012). Irrigation requirements for alfalfa are outstanding, so irrigation must be utilized efficiently in the Grain Plains region, where water is pumped from the declining Ogallala aquifer (Lamm et al., 2012). A significant advantage of SDI on alfalfa is the ability to continue irrigating immediately before, during, and immediately after the multiple alfalfa harvests (Lamm, 2016). An SDI system provides distribution uniformities of 92% (Sanden et al., 2011) over time and space during the growing season, which reduces water stress and causes rapid regrowth and higher yields (Putnam et al., 2001). Hay yield with SDI was found to be approximately 22% (Hutmacher et al., 2001) to 25% (Godoy et al., 2003), higher than flood-irrigated fields. Alam et al. (2002) showed that a well-designed SDI system could potentially decrease applied water volume by about 22% while increasing the yield by 7%, compared to using a center pivot sprinkler system. The use of SDI results in a healthier root system, reduces weed pressure, and less physiological stress on the crown of the plants occurs and thus can increase forage production, which is generally linearly related to transpiration (Lamm et al., 2012; Alam et al., 2002; Hutmacher et al., 2001).

Understanding the full potential of SDI requires optimizing design parameters, such as the frequency and duration of irrigation, the emitter discharge rate and spacing, and the placement of drip tubing. A numerical simulation is an efficient approach to investigating optimal drip management practices (Meshkat et al., 1999; Schmitz et al., 2002; Cote et al., 2003). Simulation models allow one to consider the physical processes governing the flow of water in the unsaturated root-soil zone and consequently to evaluate the shape and the dimension of the wetting patterns as a function of the amount of applied water. The knowledge of the wetted soil volume dimensions as a function of time contributes, for a soil type, to identify proper design parameters (emitter spacing and distance between laterals) and the duration of irrigation providing to wet a fixed soil depth (Provenzano, 2007). A few studies show drip irrigation numerical simulations agree with field data (Skaggs et al., 2004), thus questioning the value of the conclusions obtained from the numerical simulations. Using simulation models also contributes to developing management scenarios and strategies for irrigation, aiming to find indications for water-saving and, consequently, increasing water use efficiency. In order to assess the accuracy of the models, it is necessary to proceed to validation and calibration by using experimental measurements (Provenzano, 2007).

HYDRUS-2D is a well-known Windows-based computer software package for simulating water, heat, and solute movement in two-dimensional variably saturated porous media. The code HYDRUS-2D (Simunek et al., 1999), simulating the transient of infiltration process by numerically solving Richard's equation, can be used for the axis-symmetrical flow around a spherical surface or a buried point source. The literature supports the use of HYDRUS 2D/3D as a tool for research, irrigation engineering, and management practices (Provenzano 2007).

Drip irrigation and SDI modeling have been popular applications of HYDRUS 2D/3D (Simunek et al., 2016). The water flowing from a buried emitter moves vertically and laterally into the soil and wets a soil volume. Knowing the dynamics of the water within the soil volume surrounding the emitter represents a prerequisite to designing irrigation systems and managing water (Akbar et al., 1996; Zur 1996). The shape and the dimensions of the wetting patterns around a buried source depend on the emitter flow rate, the applied water volume, and the soil type. For a given soil, knowing the temporal evolution of the wetted volume can contribute to establishing the proper installation depth and spacing between the emitters (Reyes and Slack, 2019) and the duration of irrigation as a function of the soil volume where the crop roots are located. HYDRUS-2D has been validated by Skaggs et al., (2004) through a comparison between simulated and measured water contents during irrigation from a buried source. HYDRUS-2D has also been used to verify various analytical and empirical models for estimating the position of a wetting front with time, which is helpful in designing or operating drip irrigation systems (Hinnell et al., 2010; Kandelous and Simunek, 2010; Lazarovitch et al., 2009; Warrick and Lazarovitch, 2007; Cook et al., 2006). The model was then applied for different initial water content-irrigation depth combinations to determine the main dimensions (horizontal and vertical) of the wetted soil volume surrounding the emitter and suggest convenient parameters for the SDI system design and management (Reyes and Slack, 2019). Thus, the objective of this work was to compare HYDRUS-2D simulations of water infiltration and redistribution with experimental observations. The aim was to assess the HYDRUS-2D model to evaluate water content in vertical direction for alfalfa under SDI in a silt loam. Simulation results compared with observed data support the use of HYDRUS-2D for SDI modeling to optimize design and management practices.

## **Materials y Methods**

### **Field site**

This HYDRUS-2D modeling study simulated an SDI system used for alfalfa production at the Kansas State University, Northwest Research-Extension Center in Colby, Kansas, USA, with weather data of 2005. The soil is classified as deep silt loam soil and can supply about 445 mm of plant-available soil water from a 2.4 m soil profile. The climate is semi-arid with a summer precipitation pattern and a long-term average annual rainfall of approximately 480 mm. Average precipitation is approximately 400 mm during April through October, the typical active-growing period for alfalfa. The latitude and longitude are 39.39° N, 101.07° W, with an elevation of 963 m above sea level. The field site was approximately 120 m wide and 25 m long, consisting of 13 field plots, approximately 9 m × 25 m in dimension. The two most northern and southern plots were not used in the field study and served as crop buffers (Lamm et al., 2012).

## Numerical modeling with HYDRUS-2D

The two-dimensional module of HYDRUS 2D/3D version 2.x was used to simulate soil water movement for the specific SDI system. Information of field site, irrigation water management, and harvest procedures were used in the simulations. HYDRUS 2D/3D simulated soil water flow and computed the spatial and temporal distributions of soil water potential and soil water content. Alfalfa root water uptake, evaporation, transpiration, rain, and irrigation water flux rates were input data as well as a 150-cm dripline spacing.

HYDRUS 2D/3D, a two-dimensional, finite element model developed at the US Department of Agriculture Salinity Laboratory in Riverside, California, provides a numerical solution of the Richards' equation to simulate soil moisture and water flow in unsaturated soils.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ K(h) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \right] - S(h) \quad (1)$$

Where  $\theta$  is the soil's volumetric water content [ $L^3 L^{-3}$ ],  $h$  denotes the soil water pressure head [L],  $S(h)$  is a sink term [ $L^3 L^{-3} T^{-1}$ ] representing plant root water uptake,  $t$  is time [T],  $K(h)$  is the unsaturated hydraulic conductivity function [ $LT^{-1}$ ], and  $x$  and  $z$  are the horizontal and vertical spatial coordinates [L].

A solution of Eq. (1) requires characterization of the soil hydraulic properties, as defined by the soil water retention function,  $\theta(h)$ , and unsaturated hydraulic conductivity function,  $K(h)$ . The constitutive relationships of van Genuchten-Mualem (van Genuchten, 1980; 2012) were used and represented the effective saturation,  $S_e$  by:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{(1 + |\alpha_{VG} h|^n)^m} \quad (2)$$

and

$$K(h) = K_s S_e^l \left[ 1 - \left( 1 - S_e^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad (3)$$

Where  $\theta_s$  and  $\theta_r$  are the saturated and residual water content [ $L^3 L^{-3}$ ], respectively,  $K_s$  is the saturated hydraulic conductivity [ $LT^{-1}$ ],  $\alpha_{VG}$  [ $L^{-1}$ ],  $n$ , and  $l$  are shape parameters, and  $m = 1 - 1/n$ . Values of the silt loam soil hydraulic function parameters (Carsel and Parrish, 1998) used are listed in Table 1.

Table 1. Soil hydraulic function parameters of silt loam soil. Carsel and Parrish (1988).

Soil type	$\theta_r$ ( $cm^3 cm^{-3}$ )	$\theta_s$ ( $cm^3 cm^{-3}$ )	$\alpha_{VG}$ ( $cm^{-1}$ )	$n$	$K_s$ ( $cm day^{-1}$ )	$l$
Silt Loam	0.067	0.45	0.02	1.41	10.8	0.5

In Table 1,  $\theta_r$  and  $\theta_s$  are denoted as the residual and saturated water contents, respectively;  $K_s$  is the saturated hydraulic conductivity, and  $l$  is a pore-connectivity parameter. The parameters  $\alpha$  and  $n$  are empirical coefficients affecting the shape of the hydraulic functions.

The spatial spreading of the alfalfa roots applies a strong influence on soil water flow, root water uptake, and deep drainage, and therefore essentially determines deep percolation and actual plant transpiration for a given irrigation strategy. A root distribution with the highest root density at a depth of 30 cm was used for the simulations (Reyes and Slack, 2019). The sink term,  $S(h)$ , is used in Eq. (1) to quantify root water uptake, using the commonly employed approach of Feddes et al. (1976) for alfalfa:

$$S(h) = \alpha(h) \times S_p \quad (4)$$

Where  $\alpha(h)$  is a dimensionless root water-uptake reduction function with values between 0 and 1, to account for soil water stress. If the soil maintains favorable conditions for root water uptake,  $S(h)$  is equal to the potential root water uptake rate,  $S_p$  [ $L^3 L^{-3} T^{-1}$ ]. However, if the soil is too dry or too wet at any given location  $(x, z)$ , then  $\alpha < 1$ , and the uptake at position  $(x, z)$  is linearly reduced with the magnitude determined by the reduction function parameters for alfalfa as selected from a database (Taylor and Ashcroft, 1972). The potential root water uptake rate,  $S_p$ , is calculated from (Simunek and Hopmans, 2009):

$$S_p(x, y) = \beta(x, z) L_x T_p \quad (5)$$

Where  $\beta(x, z)$  [ $L^{-2}$ ] represents the normalized root density for any coordinate in the two-dimensional soil domain,  $L_x$  [L] denotes the width of the soil surface associated with the potential plant transpiration,  $T_p$  [ $LT^{-1}$ ].

### Alfalfa water requirements and harvesting

The irrigation schedule used for the HYDRUS-2D modeling in this study was obtained from Lamm et al. (2012). This schedule was constructed using data collected from a (National Oceanic and Atmospheric Administration) NOAA weather station located approximately 500 m northeast of the study site. The schedule was started on 1 April and continued through late October or the first killing frost, 2005.

The reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) was calculated using a modified Penman combination equation. The specifics of the  $ET_o$  calculations are fully described by Lamm et al. (1987). Alfalfa-based  $ET_o$  is considered to give better estimates than short-grass  $ET_o$  in this region (Howell, 2007). Crop coefficients ( $K_c$ ) were generated using FAO-56 (Allen et al., 1998) as a guide, with periods adjusted to northwest Kansas growing period lengths. Specifically,  $K_c$  values for the initial 40-day period beginning 1 April increased from 0.2 to a maximum of 1.0, remained at 1.0 until harvest, and then increased linearly from 0.2 to a maximum of 1.0 in a 17-day period after that and following subsequent harvests during the season. Crop evapotranspiration ( $ET_c$ ) was calculated as the product of  $K_c$  and  $ET_o$ .

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (6)$$

Because of full canopy coverage of alfalfa, soil evaporation was not considered throughout the simulated growing season, so that  $T_p$  in Eq. (5) is equal to  $ET_c$ .

Five harvests occurred (Table 2), with the first harvest occurring near the end of May (Lamm et al., 2012).

Table 2. Harvest dates of alfalfa production in an SDI study, KSU Northwest Research-Extension Center, Colby, Kansas (Lamm et al., 2012).

Harvest	Date (DOY)
1	27 May (147)
2	29 June (180)
3	28 July (209)
4	29 Aug. (241)
5	9 Nov. (313)

DOY: Day of Year

### SDI system design and irrigation water management

The irrigation was designed to apply 100% of the calculated evapotranspiration that was not replaced by precipitation (Lamm et al., 2012). An irrigation application efficiency of 95% was assumed. The subsurface drip irrigation (SDI) system was installed before planting the alfalfa. The water source for the study was fresh groundwater pumped from the Ogallala aquifer. Weekly or twice-weekly irrigations were scheduled whenever the calculated soil water depletion in the profile exceeded approximately 50 mm. The gross irrigation amount ranged from approximately 6 to 29 mm for each event (Lamm et al., 2012). In the late fall following the dormancy of the alfalfa top growth, an irrigation amount of 125 mm was applied with the SDI system to reduce the chance for root intrusion and rodent damage during the long overwinter period. Volumetric soil water content was measured (three replicates) weekly or biweekly in each plot with a neutron attenuation moisture meter in 0.3 m increments to a depth of 3.0 m at a single location, a distance of 0.76 m horizontally from a distance of the driplines center.

In the simulations, a maximum rooting depth of 1 m was selected (Reyes and Slack, 2019). Assumptions included a homogeneous soil and a dripline that behaves as an infinite line source with a constant water discharge rate along the dripline. Water flow in homogeneous soil was also assumed to be symmetrical in the horizontal direction between driplines. The spatial domain used for the simulations was 2 m deep x 4 m wide. Dripline was installed with a 1.5 m dripline spacing at a depth of 0.5 m (Fig. 1).

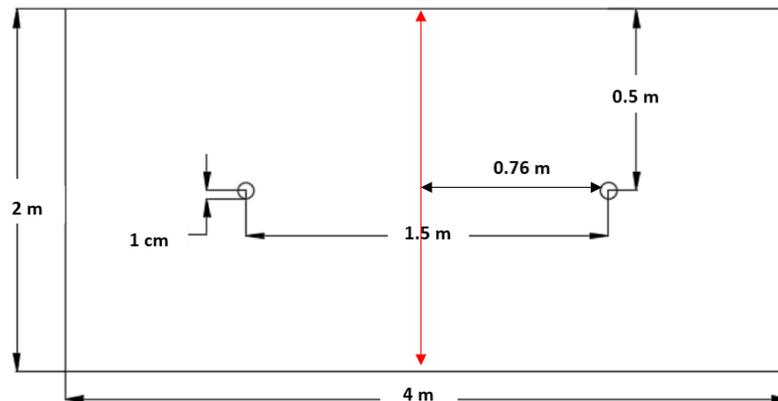


Fig. 1. Domain space of the subsurface drip irrigation simulation with a 0.5 m dripline depth.

The spatial domain was discretized using finite triangular elements. The smallest finite elements size of 0.5 cm was selected around the emitter, whereas the large finite elements were about 5 cm furthest from the emitter. Element size gradually increases with distance from the emitters. A time-variable flux boundary condition was used to represent the emitter's discharge. The discharge per emitter was  $0.6 \text{ L h}^{-1}$ . The inside diameter was 20 mm,  $381 \text{ }\mu\text{m}$  wall thickness, and emitter spacing 0.3 m (Ro-Drip XL 12-15, Roberts Irrigation Products, Inc., San Marcos, Ca). A free drainage boundary condition was applied along the bottom and an atmospheric boundary condition along the top. All other remaining boundaries were assigned a zero-water flux condition. The initial condition for the pressure head was  $-400 \text{ cm}$  ( $-30 \text{ KPa}$ ) which corresponds to field capacity as an initial condition throughout the entire domain.

## Results and Discussion

### Assessing HYDRUS-2D model to evaluate water content in a vertical direction

Table 3 shows a comparison of the volumetric water content distribution measured out in the field with the neutron probe (3 replicates) and HYDRUS-2D simulation results. Five dates with different events were chosen to be shown in Table 3: 5/27/2005 (Harvest 1), 6/2/2005 (No irrigation but a rain of 18.5 mm), 6/30/2005 (one day after Harvest 2), 7/18/2005 (irrigation of 25.4 mm/day), and 7/28/2005 (Harvest 3 and irrigation of 29.2 cm/day) for a better comparison along the simulated alfalfa season. Slight differences are generally observed in each comparison for the 30, 60, 90, 120, 150, and 180 cm depths. Figs. 2–6 permit a better comparison. It is clear from the graphs that the predicted wetting pattern generally agrees with the observed data; the volumetric water content at different depths are similar, as are the spatial distributions of the water content. Thus, as can be seen in these results, HYDRUS-2D simulated water contents matched the corresponding measured ones reasonably well and showed a similar trend during the water distribution process.

Table 3. Comparison of the volumetric water content obtained with HYDRUS-2D and with the neutron probe (3 replicates).

Date	HYDRUS-2D		Neutron probe measurements			Event
	Depth (cm)	$\Theta$	Repetition 1	Repetition 2	Repetition 3	
			$\Theta$ Observed 1	$\Theta$ Observed 2	$\Theta$ Observed 3	
5/27/2005	30	0.256	0.266	0.235	0.268	Harvest 1
	60	0.269	0.281	0.25	0.276	
	90	0.244	0.243	0.214	0.275	
	120	0.203	0.199	0.177	0.232	
	150	0.185	0.16	0.175	0.22	
	180	0.183	0.161	0.181	0.208	
6/2/2005	30	0.263	0.267	0.233	0.2888	No irrigation, but rain (18.5 mm)
	60	0.277	0.286	0.262	0.282	
	90	0.247	0.241	0.229	0.272	
	120	0.199	0.2	0.181	0.217	
	150	0.189	0.164	0.194	0.208	
	180	0.198	0.157	0.214	0.223	
6/30/2005	30	0.270	0.279	0.247	0.284	1 day after Harvest 2
	60	0.286	0.291	0.274	0.294	
	90	0.262	0.251	0.243	0.291	
	120	0.218	0.218	0.192	0.243	
	150	0.202	0.18	0.193	0.233	
	180	0.200	0.175	0.197	0.227	
7/18/2005	30	0.256	0.236	0.248	0.283	Irrigation (25.4 mm)
	60	0.298	0.3	0.291	0.302	
	90	0.272	0.261	0.258	0.297	
	120	0.232	0.226	0.216	0.253	
	150	0.217	0.192	0.212	0.246	
	180	0.207	0.178	0.205	0.239	
7/28/2005	30	0.272	0.285	0.248	0.282	Harvest 3 and irrigation (29.2 mm)
	60	0.288	0.289	0.281	0.295	
	90	0.259	0.248	0.245	0.285	
	120	0.216	0.214	0.193	0.24	
	150	0.204	0.18	0.198	0.234	
	180	0.194	0.167	0.193	0.223	

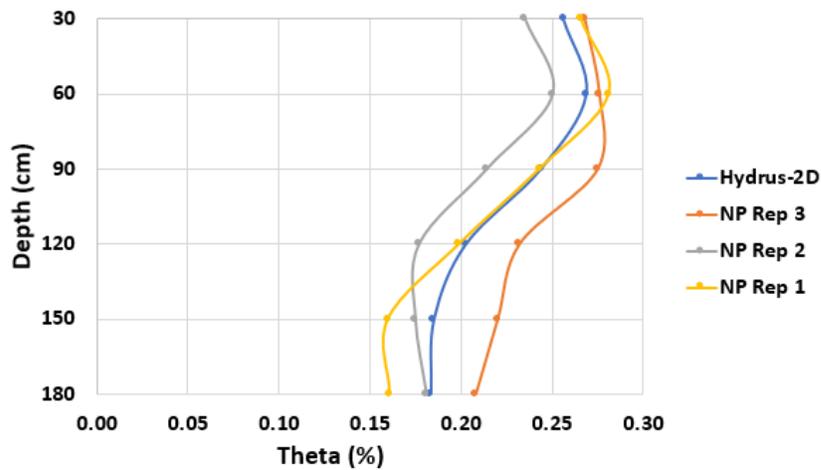


Fig. 2. Volumetric water content distribution on 5/27/2005 (harvest 1) determined by HYDRUS-2D and neutron probe (three replicates).

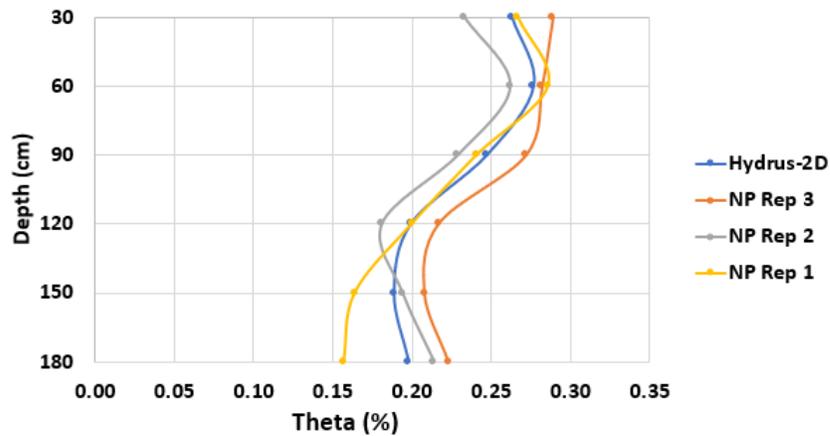


Fig. 3. Volumetric water content distribution on 6/2/2005 (no irrigation, rain of 18.5 mm) determined by HYDRUS-2D and neutron probe (three replicates).

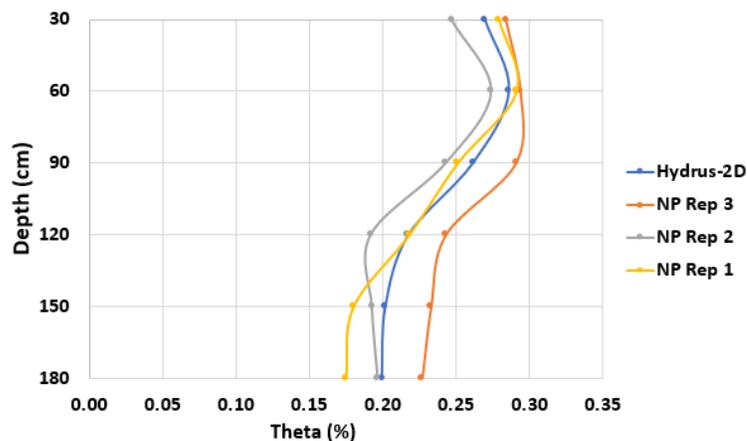


Fig. 4. Volumetric water content distribution on 6/30/2005 (one day after harvest 2) determined by HYDRUS-2D and neutron probe (three replicates).

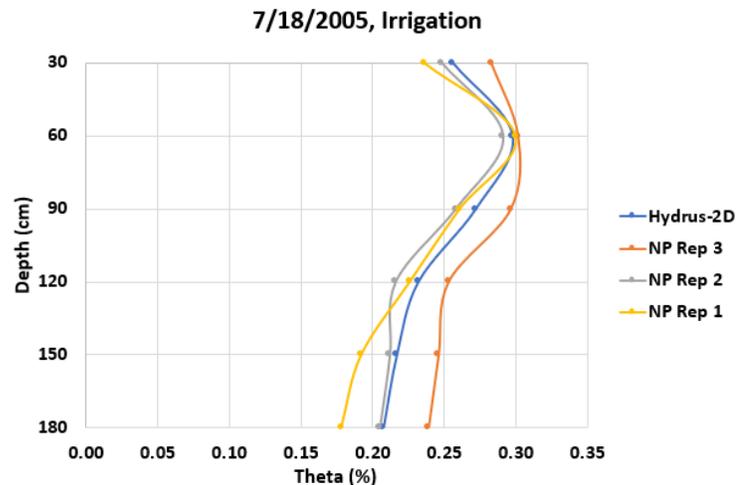


Fig. 5. Volumetric water content distribution on 7/18/2005 (irrigation of 25.4 mm) determined by HYDRUS-2D and neutron probe (three replicates).

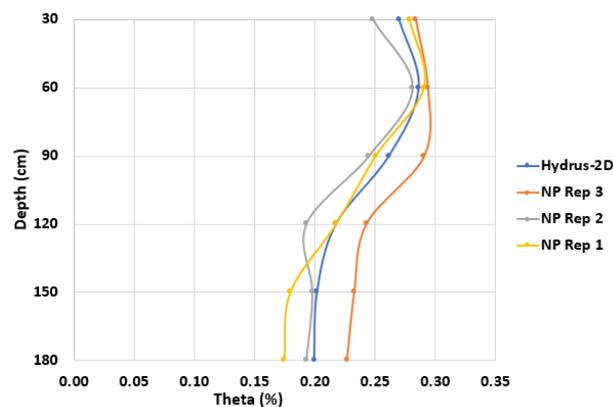


Fig. 6. Volumetric water content distribution on 7/28/2005 (harvest 3 and irrigation of 29.2 mm) determined by HYDRUS-2D and neutron probe (three replicates).

Overall, the predictions are excellent, particularly considering that the simulations were done without any fitting to the water content data and without characterizing the soil at each experimental site in detail. The root-mean-square error (RMSE) for the simulated and measured volumetric water contents provides a quantitative measure of the goodness of fit between the data and the simulation. The RMSE value for each simulation is given in Table 4. The RMSE values range from 0.01 to 0.02  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  for the simulations at harvesting times, from 0.01 to 0.02  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  for a no irrigation event, and from 0.009 to 0.02  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  for an irrigation event. These low RMSE values indicate that the HYDRUS-2D simulated results and observed data are close to each other, showing a good accuracy of the model. Thus lower the RMSE values, the better is model performance.

Table 4. Root-Mean-Square-Error (RMSE) for HYDRUS-2D simulations.

Date	Event	RMSE 1	RMSE 2	RMSE 3
5/27/2005	Harvest 1	0.0151	0.0203	0.0253
6/2/2005	No irrigation, rain (18.5 mm)	0.0201	0.0186	0.0209
6/30/2005	1 day after Harvest 2	0.0148	0.0172	0.0240
7/18/2005	Irrigation (25.4 mm/day)	0.0183	0.0098	0.0249
7/28/2005	Harvest 3 and irrigation (29.2 mm/day)	0.0165	0.0151	0.0228

The close agreement between measured and simulated water content values allows validating the modeling approach, evidencing the suitability of the HYDRUS-2D model to assess the infiltration process around a buried emitter. Similar results were previously obtained by Skaggs et al. 2004, utilizing field measurements carried out on a sandy-loam soil irrigated with a thin-walled drip tubing. Figs. 7 and 8 show the distribution and evolution of the wetting front at the simulated space domain for Harvest 1 on 5/27/2005 and Harvest 3 with an irrigation of 29.2 mm/day on 7/2/2005. The red line represents the neutron probe location at a distance of 0.76 m horizontally from one of the center driplines.

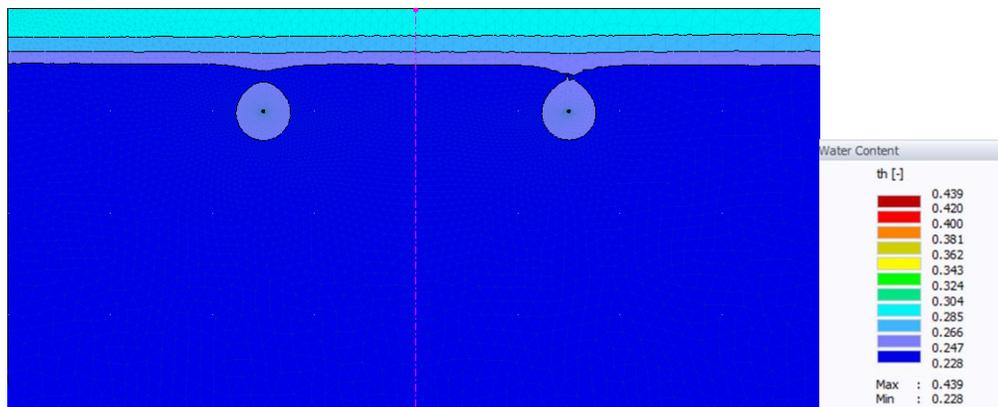


Fig. 7. Volumetric water content distribution for Harvest 1 on 5/27/2005 simulated in HYDRUS-2D. The red line represents neutron probe location at a distance of 0.76 m horizontally from one of the center driplines.

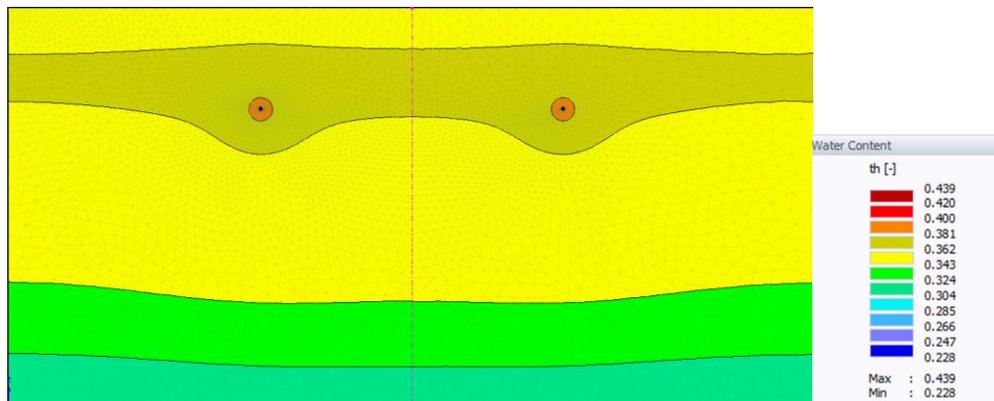


Fig. 8. Volumetric water content distribution for Harvest 3 and irrigation (29.2 mm) on 7/28/2005 simulated in HYDRUS-2D. The red line represents neutron probe location at a distance of 0.76 m horizontally from one of the center driplines.

Overall, the HYDRUS-2D simulations' accuracy is very good and certainly accurate enough to justify using HYDRUS-2D as a tool for designing SDI management practices for the soil investigated here. Particular care has to be placed on the soil hydraulic characterization when the model is applied at the scale of a single emitter. For soils with low hydraulic conductivities (i.e., fine-textured soils) or for simulations with high water application rates, it may be necessary to improve the drip tubing boundary condition, which specified a constant water flux during irrigation. When irrigating a low permeability soil, substantial positive pressure can build up around the drip tape as the soil becomes saturated. The water flux should then decrease in response to the pressure buildup rather than remain constant. The constant flux boundary condition in HYDRUS-2D maintains the given water flux by raising the pressure at the drip tube boundary. This increase in boundary pressure is physically unrealistic and, if the increase becomes too large, may lead to numerical problems. Numerically, it would be good to implement an improved boundary condition where the flux depends on the water pressure inside the tape and the pressure in the soil (Provenzano, 2007). If the emitter discharge is higher than the maximum infiltration capacity of the soil, the pressure head in the soil surrounding the emitter increases, and the emitter discharge decreases. In soils characterized by low values of the infiltration capacity, it is, therefore, necessary to consider the possible reductions of emitter discharge as a consequence of the rising pressure head around the emitter. Emitter flow rates must be chosen according to the maximum infiltration capacity of the soil to avoid that the pressure buildup in the soil around the emitter could cause the reduction of its discharge.

Another consideration when extrapolating the results obtained here to other soils and locations is soil hydraulic parameter estimation. The accuracy of a simulation depends on the quality of the hydraulic parameter estimates. Making detailed measurements of soil hydraulic properties is expensive and time-consuming, thus diminishing a primary advantage of a simulation. One might also wonder about the accuracy of simulations when the data needed to use is also unavailable.

## **Conclusions**

Numerical modeling is a fast and economical approach for studying and optimizing SDI design and management practices. We need more work to investigate the accuracy of numerical simulations. The HYDRUS software has been used in hundreds of successful applications published in reviewed journal articles. In this study, the suitability of the HYDRUS 2-D simulation model was verified to assess the water content and distribution process from a buried emitter along the soil profile based on the comparison between modeled simulations results and experimental observation data on a silt loam soil in Colby, Kansas. The comparison between measured soil water contents with those predicted by the model showed a reasonably good agreement for the investigated soil. Low RMSE values obtained indicate that the HYDRUS-2D simulation results and observed data are close, offering a good model accuracy. The lower the RMSE values, the better is model performance, indicating that the model can be considered accurate enough to justify its use as a tool to design and

manage SDI systems. However, despite not being significant, the differences between measured and simulated water contents can probably be consequential to the estimation of soil hydraulic parameters or the hysteresis in the water retention curve, not taken into account in the simulations. Therefore, the accurate hydraulic characterization of the soil is necessary to apply the model at the scale of a single emitter. Finally, the results found here validated and calibrated HYDRUS-2D and provided support for using the software as a tool for investigating and designing drip irrigation management practices. Further experiments need to be carried out with more recent field data to extend the investigation to other soil types characterized maybe by a lower soil infiltration capability and verify the model's suitability even for variable emitter flow rates and different locations.

## References

- Akbar, A. K., Yitayew, M., and Warrick, A. W. (1996). "Field evaluation of water and solute distribution from a point source." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 122(4), 221-227.
- Alam, M., Trooien, T. P., Dumler, T. J., & Rogers, D. H. (2002). Using subsurface drip irrigation for alfalfa 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 38(6), 1715-1721.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
- ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 2005. Design and installation of micro-irrigation systems. ASAE EP405.1 FEB03. St. Joseph, MI: ASAE.
- Carsel, R. F., & Parrish, R. S. (1988). Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water resources research*, 24(5), 755-769.
- Cook, F. J., Fitch, P., Thorburn, P. J., Charlesworth, P. B., & Bristow, K. L. (2006). Modelling trickle irrigation: comparison of analytical and numerical models for estimation of wetting front position with time. *Environmental Modelling & Software*, 21(9), 1353-1359.
- Cote, C. M., Bristow, K. L., Charlesworth, P. B., Cook, F. J., & Thorburn, P. J. (2003). Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrigation Science*, 22(3-4), 143-156.
- Godoy-Avila, C., Pérez-Gutiérrez, A., Torres, C. A., Hermosillo, L. J., & Reyes, I. (2003). Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia*, 37(2), 107-115.
- Hinnell, A. C., Lazarovitch, N., Furman, A., Poulton, M., & Warrick, A. W. (2010). Neuro-Drip: estimation of subsurface wetting patterns for drip irrigation using neural networks. *Irrigation science*, 28(6), 535-544.
- Howell, T. A. (2007). Personal communication concerning alfalfa-based reference evapotranspiration. Research leader and Irrigation Engineer, USDA-ARS CPRL, Bushland, Tex, 19.
- Hutmacher, R. B., Phene, C. J., Mead, R. M., Shouse, P., Clark, D., Vail, S. S., ... & Fargerlund, J. (2001, December). Subsurface drip and furrow irrigation comparison with alfalfa in the Imperial Valley. In *Proc. 2001 California Alfalfa & Forage Symposium*, Modesto, CA (pp. 11-13).
- Kandelous, M. M., & Šimůnek, J. (2010). Comparison of numerical, analytical, and empirical models to estimate wetting patterns for surface and subsurface drip irrigation. *Irrigation Science*, 28(5), 435-444.
- Lamm, F. R., Pacey, D. A., & Manges, H. L. (1987, March). Spreadsheet templates for the calculation of Penman reference evapotranspiration. In *Mid-Central Regional Meeting of the ASAE*, St. Joseph, Missouri.

- Lamm, F. R., Harmoney, K. R., Aboukheira, A. A., & Johnson, S. K. (2012). Alfalfa production with subsurface drip irrigation in the Central Great Plains. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1203-1212.
- Lamm, F. (2016). Subsurface drip irrigation and possibilities in alfalfa. Califo. Alfa.
- Lazarovitch, N., Poulton, M., Furman, A., & Warrick, A. W. (2009). Water distribution under trickle irrigation predicted using artificial neural networks. *Journal of Engineering Mathematics*, 64(2), 207-218.
- Meshkat, M., Warner, R. C., & Workman, S. R. (1999). Modeling of evaporation reduction in drip irrigation system. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 125(6), 315-323.
- Payero, J. (2002). Is subsurface drip irrigation right for your operations. Crop watch new service web page, Univ. of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources Cooperative Extension.
- Provenzano, G. (2007). Using HYDRUS-2D simulation model to evaluate wetted soil volume in subsurface drip irrigation systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(4), 342-349.
- Putman, D., Russell, M., Orloff, S., Kuhn, J., Fitzhugh, L., Godfrey, L., ... & Long, R. (2001). Alfalfa, wildlife and the environment. California Alfalfa and Forage Association.
- Reyes-Esteves, R. G., & Slack, D. C. (2019). Modeling approaches for determining appropriate depth of subsurface drip irrigation tubing in alfalfa. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 145(10), 04019021.
- Reyes-Esteves, R. G., Gerba, C. P. & Slack, D. C. (2021). Evaluation of the Uptake of Microbial Surrogates by Leafy Greens Using Subsurface Irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, In press.
- Sanden, B., Klonsky, K., Putnam, D., Schwankl, L., & Bali, K. (2011, December). Comparing costs and efficiencies of different alfalfa irrigation systems. In *Proceedings, 2011 Western Alfalfa & Forage Conference*.
- Schmitz, G. H., Schütze, N., & Petersohn, U. (2002). New strategy for optimizing water application under trickle irrigation. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 128(5), 287-297.
- Šimůnek, J., & Hopmans, J. W. (2009). Modeling compensated root water and nutrient uptake. *Ecological modelling*, 220(4), 505-521.
- Šimůnek, J., Šejna, M., & Van Genuchten, M. T. (1999). *The HYDRUS-2D software package for simulating the two-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media: Version 2.0*. US Salinity Laboratory, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Šimůnek, J., Van Genuchten, M. T., & Šejna, M. (2016). Recent developments and applications of the HYDRUS computer software packages. *Vadose Zone Journal*, 15(7), vzj2016-04.
- Skaggs, T. H., Trout, T. J., Šimůnek, J., & Shouse, P. J. (2004). Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 130(4), 304-310.
- Taylor, S. A., and G. M. Ashcroft. 1972. *Physical edaphology*. San Francisco: Freeman.
- Van Genuchten, M. T. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil science society of America journal*, 44(5), 892-898.
- Van Genuchten, M. T., Šimunek, J., Leij, F. J., Toride, N., & Šejna, M. (2012). STANMOD: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1355-1366.
- Warrick, A. W., & Lazarovitch, N. (2007). Infiltration from a strip source. *Water resources research*, 43(3).
- Zur, B. (1996). Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. *Irrigation Science*, 16(3), 101-105.



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para  
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas.

## Ponencias Orales



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

## **CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) L. VAR. SALADETTE CON USO DE MICORRIZAS**

Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Sandra Patricia Maciel-Torres<sup>2</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>3</sup>, Ignacio Sánchez-Cohen<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Profesores-Investigadores de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo. <sup>4</sup> Investigador del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera del INIFAP. Gómez Palacio, Dgo. \*Autor para correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

### **Introducción**

El tomate es una de las hortalizas más importantes en el mundo, la cual es producida en diferentes condiciones ambientales y de manejo. Se han estado evaluando diferentes tecnologías que permitan incrementar y mantener la producción de este cultivo, el cual forma parte del sistema agroalimentario a nivel mundial (SNICS, 2017). La tecnología basada en el uso de micorrizas es abundante en la agricultura, pero se continúa explorando productos biológicos que sean cada vez más eficaces y versátiles a diferentes ambientes (Grageda-Cabrera *et al.* 2012). El objetivo de este estudio fue evaluar el producto micorrícico GEA1141 a diferentes dosis en su efecto sobre el crecimiento y productividad del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) Var. Saladette.

### **Materiales y Métodos**

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo Durango, México. Se usó un Diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se establecieron cinco tratamientos: el producto a evaluar identificado con la clave GEA1141 a dosis de 2, 3.5 y 5 a Kg ha<sup>-1</sup>, un producto comercial de referencia denominado MYC PLUS a dosis de 1 Kg ha<sup>-1</sup> y el testigo (sin aplicar producto). Los dos productos se aplicaron dos veces, la primera cinco días después del trasplante y la segunda 14 días después de la primera aplicación.

La siembra del tomate se realizó en charolas germinadoras con uso de peat-moss como sustrato y se dejó crecer la plántula por 30 días en condiciones de invernadero. Posteriormente se trasplantó en campo a una distancia entre plantas de 40 cm, estableciendo 12 plántulas por tratamiento en surcos de 5 m de longitud. La unidad experimental fue de 4 surcos de 1 m de ancho y 5 m de largo. Las variables se midieron en 4 plantas por tratamiento seleccionadas al azar en cada parcela útil (surcos medios). Para la aplicación de los bioproductos éstos se diluyeron en agua y se aplicaron con mochila aspersora con uso de chuso, lo cual permitió inyectar la suspensión micorrízica en el suelo a una profundidad promedio de 30 cm en dos lados de la zona de la rizósfera de la planta.

## Resultados y Discusión

No hubo efecto en la altura de planta y solo un leve efecto en el vigor, el cual fue significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) cuando se aplicó el producto GEA1141 en cualquiera de las tres dosis probadas en este estudio; un efecto similar ocurrió en el número de racimos florales por planta. El índice de clorofila fue de respuesta errática sin diferencia clara con el testigo, pero el número de racimos florales por planta tendió a ser mayor en cualquiera de las tres dosis del producto GEA1141. La mejor definición se tuvo en el número de frutos por planta, correspondiente al mejor efecto en el mismo producto a dosis de 3.5 y 5 Kg ha<sup>-1</sup>, en tanto que los demás tratamientos fueron iguales al testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de diferentes productos micorrízicos en el crecimiento, desarrollo y fructificación del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Var. Saladette a los 83 días después del trasplante (DDT).

Tratamiento		Altura de planta (cm)	Vigor (1-10)	Índice de clorofila	Número de racimos por planta	Número de frutos por planta
Producto micorrízico	Dosis (Kg ha <sup>-1</sup> )					
GEA1141	2	39.0 a	8.5 a	163.6 ab	5.9 a	3.3 b
GEA1141	3.5	39.1 a	8.5 a	171.6 a	5.6 ab	5.0 a
GEA1141	5	40.0 a	8.4 ab	160.9 b	5.3 ab	3.6 ab
MYC PLUS	1	38.7 a	8.2 ab	160.5 b	4.5 b	2.5 b
Testigo	0	37.7 a	8.0 b	165.8 ab	5.0 ab	2.0 b

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. GEA1141= Producto micorrízico en estudio. MYC PLUS = Producto comercial de referencia. PU= Parcela Útil. Rend= Rendimiento- Vigor en una escala de 1-10, donde 1 fue muy bajo y 10 fue excelente, con sus grados intermedios.

El rendimiento y componentes del mismo, fue muy moderado respecto del promedio de la producción comercial regional, posiblemente debido al tipo de suelo (calcáreo) y calidad del agua (salina), características no muy favorables para este cultivo. Aun con lo anterior, se identificó efecto de tratamiento, que era el objetivo de este estudio.

El peso del fruto fue significativamente mayor sólo en los primeros 3 de 5 cortes, correspondiente al producto GEA1141 a las dosis de 3.5 y 5 K ha<sup>-1</sup> las de mejor respuesta en el primer corte y en el segundo y tercero, solo destacó la dosis de 5 Kg ha<sup>-1</sup>; el producto comercial MYCE PLUS registró un comportamiento de tendencia intermedia entre los tratamientos de mejor respuesta y el testigo. En los dos cortes finales ya no hubo diferencia de respuesta en ninguno tratamiento, siendo igual que el testigo. En consecuencia, el peso de fruto fue el tratamiento de mejor respuesta al aplicar GEA1141 a 5 Kg ha<sup>-1</sup>, las otras dosis de este producto y el producto comercial de referencia tuvieron un comportamiento intermedio; el testigo fue el de más baja respuesta (Cuadro 2), lo cual se reflejó claramente al hacer la correspondiente transportación a rendimiento por hectárea (Figura 1).

Cuadro 2. Efecto de diferentes productos micorrícicos en la producción y productividad del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Var. Saladette

Tratamiento		Peso de fruto por parcela útil (10 m <sup>2</sup> ) (g)					Peso total de fruto por PU (Kg 10 m <sup>2</sup> )
Producto micorrícico	Dosis (Kg ha <sup>-1</sup> )	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	
GEA1141	2	715.8ab	1419.2ab	262.4b	445.3a	488.7a	3.334b
GEA1141	3.5	1014.5a	552.2c	477.7b	319.0a	253.3a	2.61bc
GEA1141	5	1109.6a	2072.0a	1045.0a	363.2a	274.7a	4.86a
MYC PLUS	1	644.8ab	1062.5bc	618.6b	363.2a	216.0a	2.95b
Testigo	0	345.2b	535.0c	210.0b	285.9a	226.3a	1.60c

Prueba de Tukey (P≤ 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. GEA1141= Producto micorrícico en estudio. MYC PLUS = Producto comercial de referencia. PU= Parcela útil. Rend= Rendimiento.

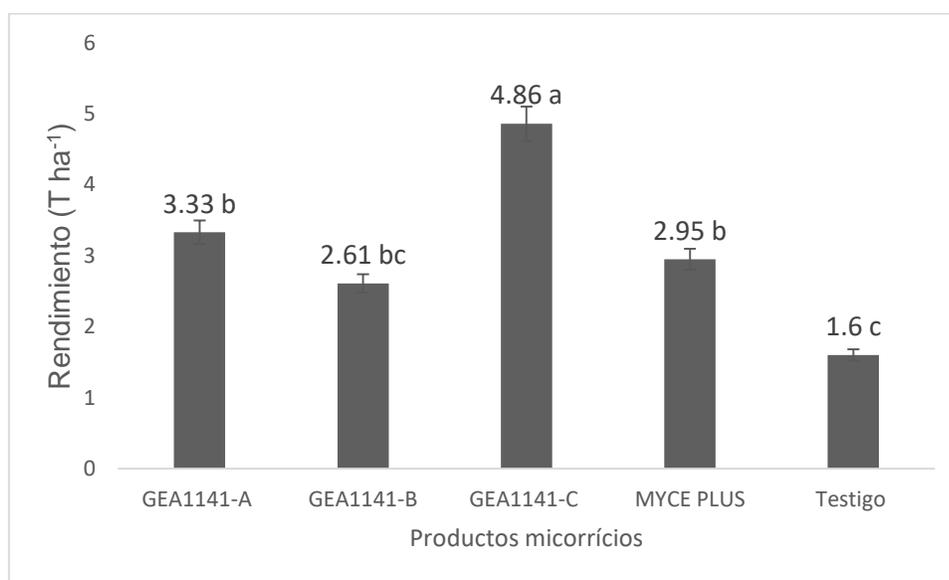


Figura 1. Efecto en el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Var. Saladette bajo diferentes dosis de productos micorrícicos. Prueba de Tukey (P≤ 0.05). Cifras con las mismas letras entre barras, son estadísticamente iguales. GEA1141-A, B y C Producto micorrícico a 2, 3.2 Y 5 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## Conclusiones

El producto micorrícico GEA1141 fue el más eficaz en términos de mejor vigor, mayor número de racimos florales por planta, y mayor número de frutos por planta, con un mayor rendimiento final a dosis de 3.5 y 5 Kg ha<sup>-1</sup>, principalmente ésta última, la cual superó en rendimiento al testigo comercial en 39.3% y al testigo en 67.0%. El efecto del producto micorrícico fue en los primeros tres cortes del fruto.

## Literatura Citada

- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 3(6): 1261-1274.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) (2017). *Solanum lycopersicum* L.): Generalidades de la Red Jitomate. Disponible en: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/jitomate-solanum-lycopersicum-l>.

## **ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA Y COMPETITIVA PARA LA REVALORIZACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS**

Jorge A. Zegbe<sup>1\*</sup>, Blanca Sánchez Toledano<sup>1</sup>, Silvia Xochilt Almeraya Quintero<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>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos. Carretera México – Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. México \*Autor de correspondencia: zegbe.jorge@inifap.gob.mx

### **Introducción**

La importancia del sector agropecuario para el estado de Zacatecas es clara, ya que su economía se basa en la producción agrícola. De los diferentes rubros que componen el producto interno bruto (PIB) del Estado, el sector agropecuario es el de mayor importancia y contribución, el cual oscila, en promedio, entre el 22% y 25% del PIB estatal. El valor de la producción agrícola en el último ciclo de producción fue aproximadamente de 5, 800 millones de pesos, lo que representa alrededor del 68 % del valor total del sector en el Estado. En forma general, casi una cuarta parte de la economía del Estado depende del sector agropecuario, en donde la producción agrícola contribuye con más de dos terceras partes del valor de la producción, contrastando con la información nacional y de la mayoría de los estados en México, en donde el sector ha perdido su importancia económica, hasta representar sólo el 10 % o menos de la economía global (SIAP, 2019). En lo que se refiere a aspectos demográficos, de 1.3 millones de habitantes que conforman la población en Zacatecas, la mitad de éstos viven en el área rural. El Estado y, particularmente el sector agropecuario, se consideran de alta marginación económica, donde el 72 % de la población recibe menos de dos salarios mínimos mensuales como ingreso. En estas condiciones, la agricultura se desarrolla en 1.28 millones de ha, lo que representa menos del 20 % de la superficie total del Estado (SIAP, 2019).

La investigación científica y tecnológica tiene un papel preponderante dentro del modelo de planeación estratégica. La investigación debe de anticipar los retos y necesidades que plantea un mundo inmerso en un proceso de cambios profundos. El reto de esta actividad es modernizar y hacer más eficiente la actividad agropecuaria para incrementar la producción y la productividad y con ello mejorar los ingresos, el bienestar y la calidad de vida de la población rural. Así mismo, debe de establecer un balance en las actividades de investigación orientada a la productividad (suficiencia y eficacia) en estrecha relación con la calidad nutricional (sanidad e inocuidad alimentaria).

En este sentido es necesario definir las cadenas de mayor relevancia para una región o Estado, con el objeto de centrar los esfuerzos de la innovación tecnológica de manera coordinada y con altas posibilidades de impacto económico, social y ambiental. Además, se tiene que las condiciones de mercado y las políticas del sector modifican de una manera importante el posicionamiento de las cadenas a través del tiempo. De esta forma, los objetivos del presente estudio fueron: 1) recolectar la información secundaria necesaria para la identificación de las cadenas productivas relevantes en el estado de Zacatecas, y 2) caracterizar las cadenas prioritarias en su importancia socioeconómica y productiva, con el objeto de jerarquizarlas y revalorizarlas.

## **Materiales y Métodos**

La metodología consistió en jerarquizar de acuerdo a criterios ponderados, las diferentes cadenas productivas agropecuarias del estado de Zacatecas, de manera tal que, al través de una matriz, se logre identificar aquellas cadenas que son estratégicas para el Estado. En este sentido, se consideran dos dimensiones o ejes centrales: a) la socioeconómica, esto es, aquellas características de las cadenas, que las convierten en atributos importantes como para considerar una actividad productiva justificable y b) competitividad, el cual explica la capacidad de los involucrados en una cadena productiva, para enfrentar los retos del cambio y su capacidad para adaptarse y superar los mismos. Ambos son aspectos claves de las motivaciones y oportunidades que las actividades agropecuarias proveen y explican en el quehacer económico de una sociedad (Rincón *et al.*, 2004)

Los dos ejes o dimensiones fueron divididos en características o criterios que se pudieran integrar de una manera lógica en un valor numérico. Para el eje socioeconómico se consideraron tres criterios: tamaño, dinamismo y especialización. El eje de la competitividad está constituido por tres criterios: productividad, sustentabilidad y desempeño comercial. A su vez, cada criterio fue explicado por indicadores o variables, susceptibles de ser manejados cuantitativamente y con capacidad de expresar numéricamente, las ventajas y/o oportunidades que cada cadena lleva implícita. En total se usaron catorce variables o indicadores, descritos a continuación (Rincón *et al.*, 2004). Para el criterio tamaño se usó el valor de la producción como un primer indicador de la magnitud económica y social de cada cultivo. El segundo indicador fue la superficie ocupada por cada cultivo en el Estado. Este indicador tiene la capacidad de mostrar la importancia social de cada cadena productiva. Otro indicador asociado al criterio tamaño es el número de empleos generados; este indicador tiene un fuerte peso social y económico.

El criterio de dinamismo estuvo representado por tres variables; tendencia del valor de la producción, evolución de los precios reales y la evolución del empleo. Los tres indicadores tienen la capacidad para explicar el impacto socioeconómico de las cadenas, ya que el dinamismo es un indicador de la capacidad de adaptación a un medio cambiante, pero, además la importancia de una cadena para proporcionar empleos a la sociedad y la necesidad de mantener un nivel de precios competitivo.

Para referirse al nivel de especialización de una cadena dentro del contexto estatal (entre cadenas) y el nacional, se utilizaron los coeficientes de especialización y de concentración. Ambos indicaron la importancia relativa de la cadena en el ámbito estatal y nacional. El criterio de productividad fue representado por el rendimiento del capital (relación beneficio/costo) y la productividad de la mano de obra (costo total de jornales/ingresos). Estos indicadores son una parte importante en la definición de la eficiencia de cada cadena para hacer uso de los recursos.

La sustentabilidad se representó por los niveles de erosión hídrica que produce cada cadena, la eficiencia en el uso del agua y los niveles de contaminación por fertilizantes, particularmente representados por altas aplicaciones de nitrógeno, entendiendo a los nitratos como una fuente de contaminación de suelos y acuíferos. El criterio de desempeño comercial fue representado por la tendencia de los precios reales de los productos.

Todos los criterios o variables fueron estandarizadas a media cero y desviación estándar. Con esto último, se generó la matriz de posicionamiento con los dos ejes de referencia, y con las ponderaciones anotadas, para proceder a ordenar las cadenas de acuerdo con su relevancia en el Estado. Se elaboraron gráficas con la información obtenida y se hizo un análisis de las cinco cadenas más relevantes, como se describe en la sección de resultados y discusión. Debido a las diferencias en los datos disponibles de las cadenas agrícolas y pecuarias, el análisis se hizo por separado.

## **Resultados y Discusión**

Se procedió a elaborar la matriz de posicionamiento final de las cadenas productivas agrícolas, de acuerdo a los dos indicadores estratégicos (nivel competitivo y la importancia socio-económica) de cada una de las cadenas incluidas en el estudio. La integración de la información de las diferentes cadenas en la matriz de posicionamiento permitió formar cuatro grupos de acuerdo a su relevancia socio-económica y competitividad para el estado de Zacatecas (Figuras 1). En el cuadrante 1 la cadena de manzana y frijol se concentraron como cadena de alta importancia estratégica para el Estado, ya que tienen una alta importancia socio-económica y son competitiva (Figura 1). Por tanto, estos sistemas producto se posicionaron en un mercado sostenible (Reyes *et al.*, 2001). En particular la cadena de frijol es de gran importancia socio-económica por su tamaño en términos de superficie y número de productores, así como su desempeño comercial, aunque requiere de una mayor especialización y productividad por sus bajos rendimientos, baja eficiencia de uso de jornales y recursos. En el 2004, se presentaba en el sexto lugar, aunque la disminución de la oferta a partir de la reconversión productiva aumentó su precio e indujo un reposicionamiento. No obstante, el cultivo sigue y seguirá siendo un producto básico estratégico para la alimentación de los mexicanos, en donde Zacatecas contribuye con una proporción importante a nivel nacional.

En esta cadena la investigación y transferencia tecnológica deberá centrarse en mejorar la sustentabilidad del sistema de producción, con un manejo de suelo más acorde a la unidad de producción, en la siembra de variedades preferentes por el mercado y semillas mejoradas, y la posibilidad de proporcionar valor agregado a través de productos de frijol y sus propiedades nutracéuticas.

Por el contrario, el jitomate se posicionó en un estado de retracción (Cuadrante III, Figura 1), el mayor impacto de este cultivo radica en el dinamismo que se traduce en un crecimiento positivo constante de precio y empleos generados. No obstante, el cultivo presenta debilidades en la especialización, debido a que no se tiene una participación significativa en el ámbito nacional, se detecta una clara oportunidad de posicionamiento en el mercado, ya que es uno de los productos que ha creado grandes expectativas en el marco del TLCAN y porque su participación en la balanza agropecuaria mexicana es fundamental en la generación de divisas. Finalmente, las políticas estatales de apoyo a la agricultura protegida en sus diferentes formas, ha permitido que esta cadena se vuelva relevante en Zacatecas. Esta cadena puede ser un importante soporte del desarrollo económico del Estado a corto y mediano plazo, aunque deberá haber políticas claras que no lleven al productor a invertir en una actividad que pueda después de cierto tiempo, volverse muy competida y poco rentable. Está claro que en esta actividad la importancia del mercado es preponderante. Finalmente, es necesario que los productores de esta hortaliza se organicen e integren el sistema producto respectivo para la propuesta de acciones estratégicas en el desarrollo de esta actividad económica.

## **Conclusiones**

El posicionamiento de las cadenas indicó que se tiene una gran oportunidad para su revalorización y de esta manera posicionarlas de un estado sostenible. De igual manera, es necesario re-orientar de la cadena con mejores oportunidades de mercado como la revaloración del producto primario y excedentes transitando a minimizar pérdidas postcosecha y valor agregado. Una alternativa es el secado del producto o productos usando energías limpias como la termo solar. Esto implica potenciar la productividad, competitividad e importancia socio-económica de un sistema-producto en particular. Como por ejemplo los sistemas en estado de retracción, cuya importancia socioeconómica no llegue a ser relevante en comparación con su o competitividad.

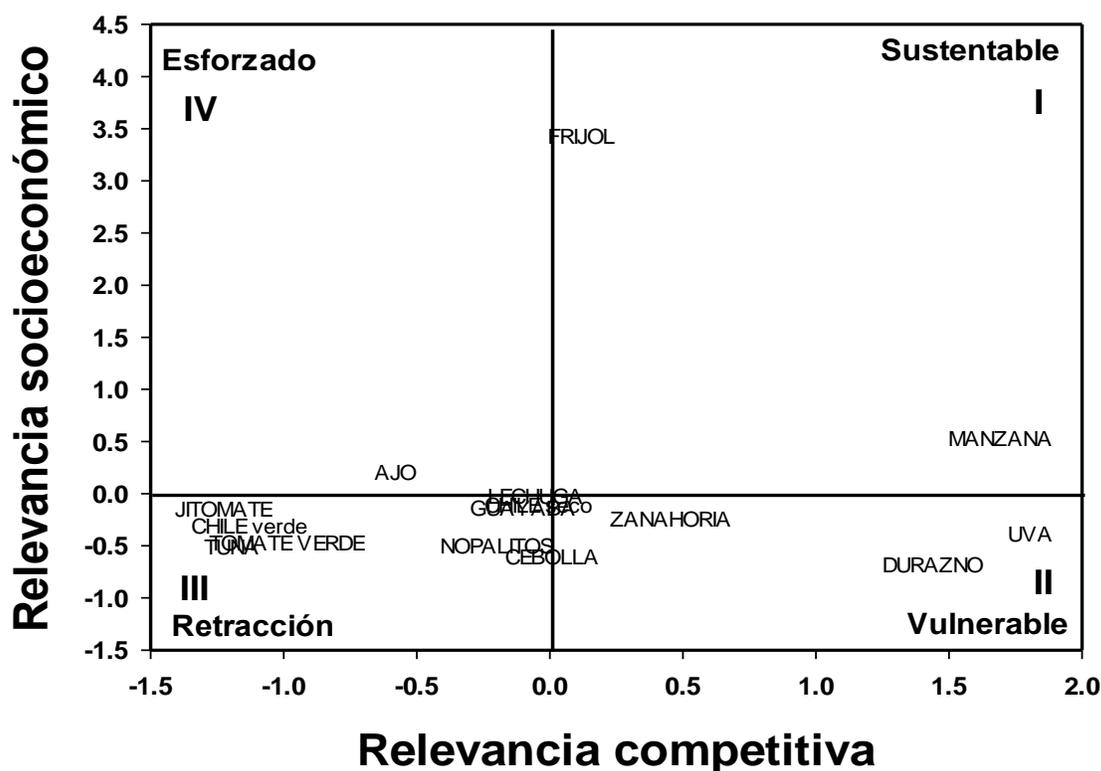


Figura 1. Posicionamiento de las cadenas productivas para el Estado de Zacatecas 2021

### Agradecimientos

Este estudio fue parcialmente financiado por el CONACYT FORDECYT-PRONACES No. Ref.: 315108 "Factibilidad del uso de sistemas solares para mitigar la pérdida en los procesos post-cosecha y generar valor agregado en los productos agropecuarios.

### Literatura Citada

- Rincón, F., F. Echavarría, A. Rumayor, J. Mena, A. Bravo, E. Acosta, J. Gallo y H. Salinas. 2004. Cadenas de Sistemas Agroalimentarios de Chile Seco, Durazno y Frijol en el Estado de Zacatecas: una aplicación de la Metodología ISNAR. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental Zacatecas. Publicación Especial 14. 157 p.
- Reyes, E., H. Salinas, A. Bravo y Padilla, L. 2001. Tecnología de producción de chile seco en el estado de Zacatecas, México. Terra Latinoamericana, 19 (001):83-88.
- SIAP, 2019. Avances de Siembras y Cosechas por Estado y Año Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: [http:// www.gob.mx/siap](http://www.gob.mx/siap). Acceso marzo 2019.

## EVALUACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO EN MAÍZ FORRAJERO MEDIANTE NDVI UTILIZANDO SENSORES REMOTOS Y MEDICIONES IN SITU

Juan Pablo Colima Valadez<sup>1\*</sup>, Arturo Reyes Gonzalez<sup>2</sup>, José Ernesto Frías Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón. Ctra. Torreón-San Pedro km 7.5, Ej. Anna. 27170 Torreón, Coahuila, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. José Santos Valdez No. 1200 Pte. Col. Centro. 27440 Matamoros, Coahuila, México. \*Autor para correspondencia: jpcolima1408@hotmail.com

### Introducción

El primer factor que limita la producción agrícola en la mayor parte del mundo es el recurso del agua, ya que no es suficiente para solventar el nivel de agua demandada por los cultivos (Toledo, 2002). El agua es un recurso del cual no se da la aplicación correcta, ocasionando una escasez a nivel mundial debido a la sobrepoblación (FAO, 2013). De acuerdo con CONAGUA (2010) de los 653 acuíferos, 101 están sobreexplotados y en el acuífero principal de la Comarca Lagunera en el año 2015 se registró una recarga natural de 534.1 millones m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>) y su extracción aproximada es 1088.5 Mm<sup>3</sup> con un abatimiento promedio de 2 m por año (CONAGUA, 2018). Según la SADER en el periódico El siglo de Torreón (2020) en la región de la Comarca Lagunera se tuvo una superficie sembrada de maíz forrajero 53 283 hectáreas, siendo 17 502 hectáreas regadas por riego por gravedad, 35 322 hectáreas por bombeo y 460 hectáreas por temporal, con una producción total registrada de 2 267.718 toneladas, siendo así uno de los principales de la región. En los últimos años, el uso de sensores remotos o imágenes satelitales con resolución moderada (LandSat, SPOT, Sentinel) se han convertido en una herramienta básica para estimar diferentes parámetros de los cultivos en la agricultura. El NDVI es un índice de vegetación que permite integrar y analizar mediciones de luz del rojo y rojo lejano realizadas con sensores remotos o próximos a las plantas, e identificar la presencia de vegetación verde y viva con base en su reflexión en los ámbitos de frecuencia de la luz correspondientes al rojo y rojo lejano (Sellers 1985, Skye 2005, Solari et al. 2008). Por lo tanto, es necesario evaluar y adoptar nuevas tecnologías como lo son los sensores remotos para aplicar la cantidad adecuada de agua, en el momento y lugar preciso donde lo requiera el cultivo.

### Materiales y Métodos

El proyecto de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) - Campo experimental La Laguna, ubicado en la ciudad de Matamoros, Coahuila (Latitud: 25°31'55.75"N, Longitud: 103°14'35.87"O).

El diseño experimental fue un diseño por bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas. Se utilizaron tres diferentes híbridos de maíz blanco de ciclo intermedio: MSB (SB-302), MH3 (MH-383) y MH4 (MH-431) con un total de 4 repeticiones de cada híbrido por bloque. Los tratamientos a evaluar fueron las diferentes láminas de riego: Se tomando el valor de la evapotranspiración de un atmómetro ubicado a 10 m del área de estudio, dos tratamientos se determinaron como porcentajes de evapotranspiración (80% y 60%), otro se estimó multiplicando el valor de evapotranspiración por un  $K_c$  (100%) y un testigo que sería el riego por gravedad. La frecuencia de riego fue cada tercer día, suministrada por un sistema de riego por goteo subsuperficial. En el riego por gravedad se diseñó una melga de 15 m de ancho por 30 m de largo al cual se le dio siete riegos de auxilio con una lámina promedio de 10 cm cada uno.

La siembra se realizó el 2 de Abril del año 2020 en forma manual, depositando una semilla por orificio a una distancia aproximada entre semillas de 12 centímetros, para lograr una densidad de población de 110 mil plantas por hectárea. La dosis de fertilización que se utilizó fue: 200-100-00 (NPK), utilizando como fuente de nitrógeno a la urea y al sulfato de amonio, y como fuente de fosforo el MAP. Durante la siembra se aplicó todo el fosforo y la mitad del nitrógeno mediante urea en todos los tratamientos. El resto del nitrógeno, mediante sulfato de amonio, se aplicó a los tratamientos por medio del sistema de riego con ayuda de un inyector Venturi, esto se realizó cada 15 días, y en cuanto al riego por inundación se aplicó de manera manual a los 35 DDS.

Se utilizaron tres diferentes métodos para la estimación del NDVI: 1) Datos *in situ* (GreenSeeker), 2) Cámara multispectral (Dron) y 3) Imágenes satelitales (Sentinel-2). La metodología que se utilizó con el GreenSeeker fue pasar el instrumento por los diferentes surcos en todas las unidades experimentales, presionando el gatillo por encima del cultivo a una distancia aproximada de 90 centímetros y se registraron los datos, este procedimiento se repitió cada semana partir de los 15 DDS. Para el caso del método con el Dron y el Satélite Sentinel-2 es necesario aplicar algebra de mapas para la determinación del NDVI.

Se empleó un Dron modelo eBee Plus de tipo ala fija, se realizaron un total de 5 vuelos en todo el experimento. Se utilizaron imágenes espectrales tomadas por el Satélite Sentinel-2, el cual cuenta con una resolución temporal de 5 días y una resolución espacial de 10 metros, se descargaron las imágenes con fecha más cerca a la de los vuelos del Dron.

## Resultados y Discusión

En general, independientemente del método que se utilizó para determinar el NDVI, el riego por inundación (testigo) fue el que presento los datos más bajos de NDVI con respecto a los demás tratamientos de láminas, a pesar de tener la lámina total aplicada de mayor cantidad en el experimento: 60% (43.2 cm), 80% (54.3 cm), 100% (51.8 cm), Inundación (70 cm).

Por otro lado, el tratamiento 100% fue el que presentó los valores más altos de NDVI en sus diferentes etapas de crecimiento, manteniendo siempre una tendencia similar en todos los tratamientos de híbridos, sin embargo, en el híbrido MSB se presentaron mejores valores de NDVI (Figura 1).

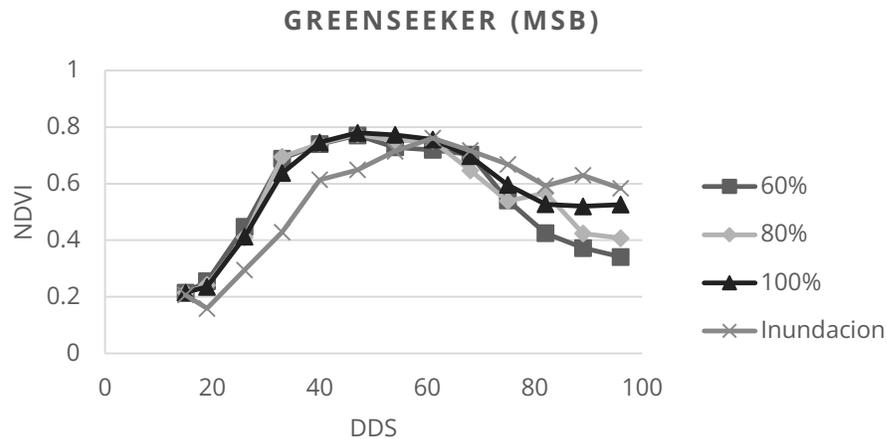


Figura 1. Representación gráfica de los valores de NDVI medido in situ con el GreenSeeker en el híbrido MSB.

En las gráficas donde se comparan los diferentes tratamientos de láminas de riego en cada uno de los híbridos, se observó como el híbrido MSB al inicio con los tratamientos 60%, 80% y 100% presentan una tendencia similar, a diferencia del testigo que al principio presentó valores más bajos, pero al final el testigo superó los valores de los demás tratamientos, sin embargo, el tratamiento 100% fue el que presentó los mejores valores de NDVI en todo su crecimiento. Se obtuvieron valores máximos de NDVI de 0.78, los cuales fueron similares a las investigaciones realizadas por Hong et al. (2007) donde se observaron valores máximos de NDVI de 0.79 y 0.81.

Con el método del Dron, en los tres híbridos se presentó una tendencia similar, en la primera etapa tienden a mantener una similitud los tratamientos 60%, 80% y 100%, a diferencia del testigo que obtuvo valores bajos respecto a los demás tratamientos, después se empieza a notar una diferencia en donde el testigo supera a los demás, sin embargo, los mejores valores de NDVI se presentaron en el tratamiento 100%. Esto debido a que, en los primeros días del crecimiento del cultivo, el suelo no está completamente cubierto de vegetación y, por consiguiente, al tomar los datos, los valores están afectados por el suelo solo en las primeras etapas. Se obtuvieron valores máximos de NDVI de 0.77, los cuales se asemejan a las investigaciones realizadas por Thomason et al. (2007) donde se observaron valores máximos de NDVI de 0.80.

Mientras tanto con las imágenes satelitales se presentó una tendencia similar en los tres híbridos, un crecimiento lineal hasta llegar a un punto máximo a los 60 DDS y después tienden a descender, en la primera etapa se observa un orden en los tratamientos correspondiente a 60%, 80%, 100% e inundación, después el tratamiento 80% sobresale de los demás en el punto máximo y en la última etapa se mantienen en un orden de tratamientos correspondiente a 80%, 100%, 60% e inundación, los datos más favorables se presentaron en el tratamiento 80%. Se obtuvieron valores máximos de NDVI de 0.74, los cuales fueron parecidos a las investigaciones realizadas por Romano et al. (2011) donde se observaron valores máximos de NDVI de 0.79.

En el tratamiento MSB los coeficientes de relación obtenidos por el Sentinel-2 presento valores de 0.56 a 0.86 mientras que el Dron obtuvo valores de 0.83 a 0.96 (Figura 2) lo cual indica que ambos métodos pueden estimar los valores obtenidos *in situ*, pero con el Dron se obtiene mayor precisión.

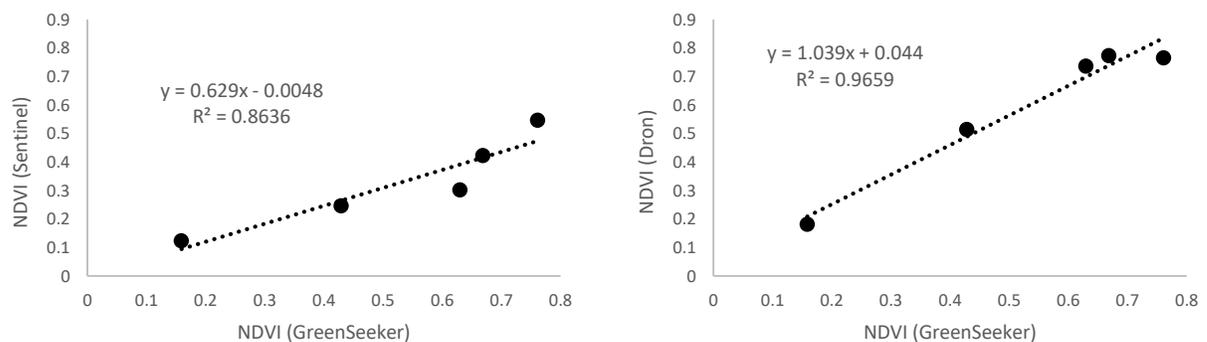


Figura 1. 1) Regresión entre los valores de NDVI obtenido *in situ* e imágenes satelitales 2) Regresión entre los valores de NDVI obtenido *in situ* e imágenes generadas por Dron, ambos casos con el tratamiento inundación (testigo) en el híbrido MSB.

Los valores de correlación obtenidos se asemejaron a las investigaciones realizadas por Melchiori et al. (2016) donde se obtuvieron valores de correlación máximos de 0.83 utilizando Drones para la estimación del NDVI y Balbarani et al. (2016) reportaron valores máximos de correlación de 0.55 utilizando imágenes satelitales, por lo tanto, se obtuvo una buena correlación de datos en esta investigación.

## Conclusiones

El tratamiento de lámina de riego 100% fue el que presentó valores más altos de NDVI en comparación de las demás láminas de riego. El tratamiento híbrido SB-302 fue el que obtuvo los valores más altos de NDVI en comparación a los demás híbridos de maíz, esto indica que fue el híbrido que más se adaptó a las condiciones del experimento. Las estimaciones de NDVI por medio del Dron presentaron la mejor correlación respecto a las mediciones *in situ*, lo que representó ser el método más confiable en este estudio para estimar el índice de vegetación de diferencia normalizada.

## Literatura Citada

- Balbarani, S., Comes, D., Lange, K. (2017). Estudio comparativo de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales de mediana resolución y sensores terrestres. Su aplicación en viticultura de precisión. Argentina.
- CONAGUA, (2010), Atlas digital del agua 2010. Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua.
- CONAGUA. (2018). Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero principal-Región Lagunera, estado de Coahuila. México, DF.
- El siglo de Torreón. (2020). Resumen económico y de noticias. México <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/sup/?v=res/2020/01/30resa01&i=68&c=1>.
- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua (Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria). Roma 1-97 p.
- Hong, S., J. S. Schepers, D. D. Francis, and M. R. Schlemmer. (2007). Comparison of ground-based remote sensors for evaluation of corn biomass affected by nitrogen stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.
- Melchiori, R.J.M. Kemerer, A.C. Albarenque, S.M. (2016). Uso de un UAV para el diagnóstico del estado nutrición nitrogenada del maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Romano, G., S. Zia-Khan, W. Spreer, C. Sanchez, J. Cairns, J. L. Araus, and J. Müller. 2011. Use of thermography for high throughput phenotyping of tropical maize adaptation in water stress. *Comp. Electron. Agric.* 79: 67-74. doi: 10.1016/j. compag.2011.08.011.
- Sellers, P.J. (1985). Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. *International Journal of Remote Sensing* 6:1335-1372 p.
- Skye Instruments Ltd. (2005). Light. Application notes. Sensors for NDVI calculations. 4 p.
- Solari, F; Shanahan, J; Ferguson, R; Schepers, J; Gitelson A. (2008). Active sensor reflectance measurements of corn nitrogen status and yield potential. *Agronomy Journal* 100(3):571-579.
- Thomason Wade E., Steve B. Phillips & F. Doug Raymond (2007) Defining Useful Limits for Spectral Reflectance Measures in Corn, *Journal of Plant Nutrition*, 30:8, 1263-1277.

## **EXTRACCIÓN Y EVOLUCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN LA MANZANA GOLDEN DELICIOUS PRODUCIDA EN LA LOCALIDAD DE CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA**

Omar Cástor, Ponce García<sup>1\*</sup>, Edgardo Federico Hernández Valdés<sup>2</sup>, Alan Álvarez Holguín<sup>1</sup>  
Donají Sierra Zurrutia<sup>1</sup>, José Ángel Sígala Rodríguez<sup>1</sup>, Linda Citlalli Noperi Mosqueda<sup>3</sup>,  
Jesús Manuel Ochoa Rivero<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias (INIFAP), S.E. Sierra de Chihuahua. Miguel Hidalgo 1213, Zona Centro, 31500 Cd Cuauhtémoc, Chih., México. <sup>2</sup>Laboratorio agrícola Diagnóstico. Nicaragua 7, El Colorín, 60120 Uruapan, Mich. <sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Pascual Orozco s/n, Campus 1, Santo Niño, Chihuahua, Chih., México. \*Autor de correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

### **Introducción**

La manzana es una de las frutas más consumidas en el mundo debido a sus características nutricionales, como lo es el alto contenido de fibra, minerales y vitaminas (Viñas, 2013). En 2019, México ocupó el lugar 23 de producción de manzanas a nivel mundial, con una producción de 761 483 toneladas (t) de manzana. Sin embargo, no se cubrió la demanda nacional, pues se importaron 255 000 t de manzana (SIAP, 2019). Esto se debe a diversos factores, entre los cuales se destaca el bajo rendimiento de los huertos, se reporta que, en el año 2019, el rendimiento promedio en México fue de 14.4 toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ), mientras que, para países como Suiza, Chile, Estados Unidos, Turquía y China, los rendimientos fueron de 59.3, 49.1, 39.5, 17.2 y 18.6  $t\ ha^{-1}$  respectivamente (FAOSTAT, 2019).

Se ha reportado que una de las estrategias clave para incrementar la producción y calidad de los cultivos es aumentar la eficiencia de la fertilización (Agustí, 2010), debido a que se estima que las plantas absorben menos del 50 % del N, 10 % P y 40 % K del total aplicado (Baligar y Fageria, 2018). Para realizar un programa de fertilización eficiente es necesario considerar la fuente, el lugar, la dosis y el tiempo adecuado para la aplicación de nutrientes (Reetz, 2016). En la región productora de Cuauhtémoc Chihuahua no existen estudios que determinen los momentos de mayor demanda de macronutrientes, por lo que 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  $ha^{-1}$ . 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 (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Calcio (CaO)	Magnesio (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 midió el diámetro polar, ecuatorial y se analizó el contenido de nutrientes. Para determinar la concentración de potasio, calcio y magnesio las muestras fueron mineralizadas mediante un equipo de microondas y analizadas por medio de absorción de llama. El contenido de fósforo se analizó por medio de espectrofotometría en la solución previamente mineralizada. Finalmente, el contenido de nitrógeno se determinó de acuerdo a la metodología Kjeldahl. 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.

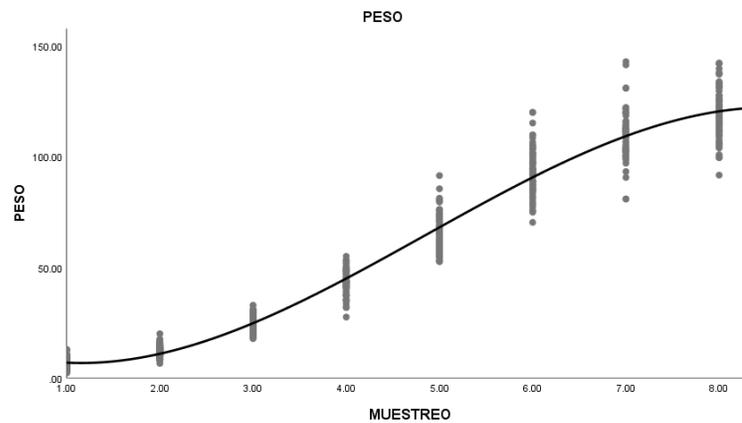


Figura 1. Dinámica de la acumulación de peso de fruto de manzana Golden delicious en Cuauhtémoc, Chihuahua

*Nitrógeno (N).* Para este elemento se observó un comportamiento lineal, altamente significativo y con un ajuste de regresión de 0.83 (Figura 2). En la ecuación presentada en el gráfico 2, se observó que el 25, 50 y 75 % de acumulación total de N se alcanzó en los días 39, 77 y 110 ddpf. En un estudio similar, se encontró que el N debe ser aplicado de forma constante durante las primeras 2/3 partes del desarrollo del fruto (Hirzel, 2012), lo cual, parece coincidir con lo encontrado en el presente proyecto. Estos resultados se deben a que el N es un elemento clave para el desarrollo de proteínas, enzimas y la molécula de clorofila (Navarro y Navarro, 2013), lo cual, explica sus requerimientos durante todo el ciclo productivo.

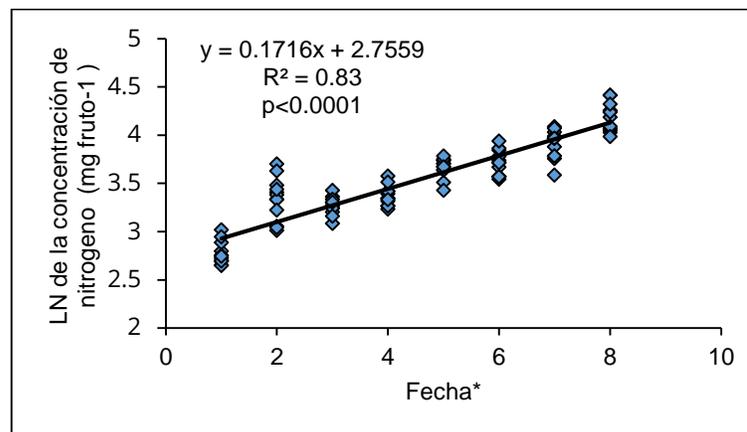


Figura 2. Ajuste de regresión para la extracción de nitrógeno en frutos de Manzana Golden delicious producidos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. \*Cada fecha representa un total de 15 días.

*Fósforo (P).* Para el P se encontró una curva polinomial cubica significativa y con un ajuste de regresión de 0.6595 (Figura 3). Para el fósforo se observan 2 puntos importantes de acumulación en frutos de manzana, los cuales se dan en los primeros 0 y 45 ddpf y entre los 105 y 145 ddpf. Este ajuste parece coincidir con la acumulación de peso de fruto (Figura 1). Navarro y Navarro. (2013), mencionan que la acumulación de P es proporcional al crecimiento del fruto de manzano, lo cual coincide con lo encontrado en el presente proyecto.

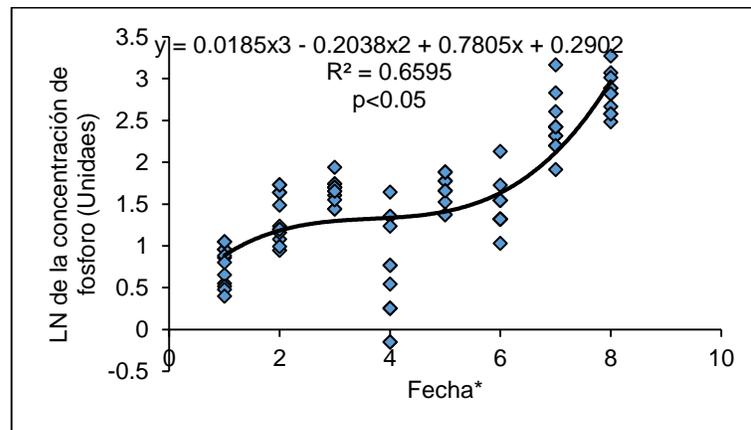


Figura 3. Ajuste de regresión para la extracción de fósforo en frutos de Manzana Golden delicious producidos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. \*Cada fecha representa un total de 15 días.

**Potasio (K).** En el K mostró un comportamiento polinomial cuadrática altamente significativa, con un  $R^2$  DE 0.98 (Figura 4). En este elemento se observó que el 25, 50 y 75% de acumulación total se alcanzó en los 45, 70 y 90 ddpf, por lo que la fertilización más eficiente debería encontrarse concentrada antes de los 105 ddpf (muestreo 6). Denis. (2003), menciona que los procesos de expansión celular inician una vez concluido los procesos de división (aproximadamente 40 ddpf). En este contexto, Navarro y Navarro. (2013), mencionan que la expansión celular se debe en 90% al tamaño de la vacuola y se ha demostrado que esta expansión es el resultado de la acumulación de K. Estos resultados coinciden con las épocas de mayor demanda del K encontrados en el presente experimento.

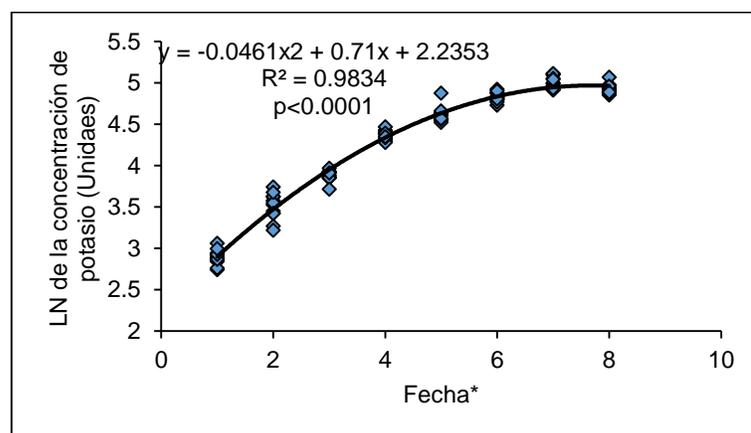


Figura 4. Ajuste de regresión para la extracción de potasio en frutos de Manzana Golden delicious producidos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. \*Cada fecha representa un total de 15 días.

**Calcio (Ca).** Este elemento se observó una curva polinomial cubica significativa y un ajuste de regresión de 0.71 (Figura 5). El Ca presenta dos puntos importantes de absorción que parecen estar relacionados con la ganancia de peso, similar al elemento P. Los puntos de absorción más importantes se dan entre los 0 a 45 ddpf y 105 a 145 ddpf. Este comportamiento es similar al reportado por Casero et al. (1999), para la variedad Golden Smoothie en España, quienes reportaron una acumulación importante en las primeras etapas de desarrollo del fruto, un estancamiento y finalmente un incremento en la fase final.

Esto se debe a que el Ca es un elemento clave para el desarrollo celular. Se ha observado que controla los procesos de división y estructura celular (White, 2015).

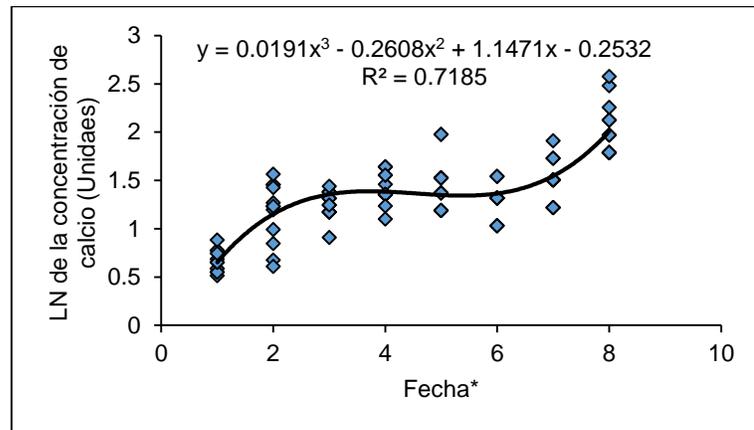


Figura 5. Ajuste de regresión para la extracción de calcio en frutos de Manzana Golden delicious producidos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. \*Cada fecha representa un total de 15 días.

*Magnesio (Mg).* Para el Mg se encontró una curva polinomial cubica altamente significativa con un ajuste de regresión de 0.93 (Figura 6). Se observó un comportamiento similar al encontrado para el potasio y en los 95 ddpf se completó el 75% de la acumulación total de este elemento. Este elemento forma parte de la molécula de la clorofila por lo que la mayor acumulación se da en etapas tempranas hasta 100 ddpf.

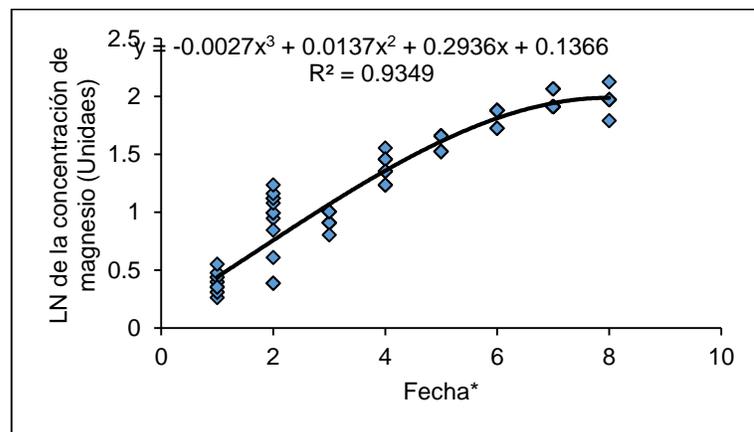


Figura 6. Ajuste de regresión para la extracción de magnesio en frutos de Manzana Golden delicious producidos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. \*Cada fecha representa un total de 15 días.

## Conclusiones

Se concluye que las aplicaciones de N se requieren durante todo el ciclo productivo y la fracción. En el caso de K y Mg las aplicaciones totales deben realizarse desde el amarre hasta 95 ddpf para que lleguen a las épocas de mayor demanda. Además, se observó que en los últimos 30 días la acumulación de estos elementos es baja. Para los elementos Ca y P se observó que se encuentran relacionados con las ganancias de peso del fruto, con 2 épocas altas de demanda que van desde el amarre de fruto hasta 45 ddpf y 105 ddpf hasta cosecha.

## Literatura Citada

- Agusti, M. y Fonfria, M.A. 2010. Fruticultura. Madrid, España. Mundi Prensa. P 77.
- Baligar y Fageria, 2018. Nutrient use efficiency: from basics to advances. Libro electrónico
- Castro-López, M. G., Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., Medina-Torres, R., & González-Valdivia, J. (2012). Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 685-700.
- Casero, T., Recasens, I., Carrasco, V., & Xucla, F. (1999). Dinámica de acumulación de nutrientes en manzana. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 14(3), 465-473.
- SIAP-SAGARPA. (2020). Atlas agroalimentario 2020. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>.
- Viñas, I. 2013. Introducción a la poscosecha de frutas. In: Viñas, I., Reacasens, I., Usall, J. y Graell, J. (eds.). Poscosecha de pera, manzana y melocotón. Madrid, España. Mundi prensa. pp. 5.
- Hirzel, J. (2012). Acumulación de nutrientes en frutos de arándano: Estudio prospectivo en un huerto comercial. *Revista Frutícola*.
- Deniss, F. 2003. Flowering, pollinization and fruit set and development. In: Ferree, D.C., Warrington, I.J. (Eds). *Apples: Botany, production and uses*. Londres, Reino Unido. Pp123-166.
- Palmer, J.W., Prive, J.P. y Tustin, D.S. 2003. In: Ferree, D.C., Warrington, I.J. (Eds). *Apples: Botany, production and uses*. Londres, Reino Unido. Pp 217 – 236.
- White, P.J. 2015. Calcium. In: Barker, A.V. y Pilbeam D.J (Eds). *Handbook of plant nutrition*, second edition. New York, E.U. CRC PRESS. Pp. 165-198.
- FAOSTAT. 2016. Base de datos faostat. [www.fao.org/FAOSTAT/en/#data/QC](http://www.fao.org/FAOSTAT/en/#data/QC).
- Navarro-García, S., Navarro-Gracia, G. 2013. *Química Agrícola*. Madrid, España, Mundi Prensa. PP. 235-266.

## IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA AEROPÓNICO DE MINI-PFAL (PLANT FACTORY WITH ARTIFICIAL LIGHTING) CON CONTROL AUTOMATIZADO GESTIONADO POR SISTEMA EMBEBIDO

\*Luis Tonatiuh Castellanos Serrano<sup>1</sup>; María Victoria Gómez Águila<sup>2</sup>;  
 Marcelino Aurelio Pérez Vivar<sup>3</sup>; José Alfredo Castellanos Suárez<sup>4</sup>;  
 Fernando Salinas Paniagua<sup>5</sup>; Josué Vicente Cervantes Bazán<sup>6</sup>;  
 Luis Arturo Soriano Avendaño<sup>7</sup>; Gaudencio Sedano Castro<sup>8</sup>

Universidad Autónoma Chapingo. 13567Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola.  
 3Departamento de Fitotecnia. 48Departamento de Sociología Rural.

\*Autor por correspondencia: procesoslce@hotmail.com

### Introducción

Los sistemas de cultivos verticales son técnicas de la agricultura moderna que prometen ser el formato de la soberanía alimentaria urbana y periurbana, para el crecimiento de la población en el siglo XXI. Estos sistemas son implementados en países del medio oriente como son Taiwan, Japón, China, Estados Unidos, Canadá, etc. (Kozai, 2013). Mientras que otros países como Singapur también han implementado los sistemas verticales en rumbo de avanzar en esta temática (BCN, 2016). Las técnicas para riego de los invernaderos verticales se basan en métodos de la horticultura como son la hidroponía y acuapónica, pero no los únicos válidos, otra técnica empleada no tan popular, es la aeropónica, la cual es un formato de riego que tiene como propósito suspender la raíz de las plantas y segregar en ellas porciones dosificadas de solución nutritivas a través de aerosoles pulverizados por dispositivos de acusadores de nebulización, pulverización o aspersión.

### Materiales y Métodos

El diseño consistió en 4 fases: Investigación; Simulación; Fabricación; y Pruebas. En forma conjunta la aplicación metódica de cada fase generó actividades claves para su alcance, lo que se puede observar en el siguiente diagrama:

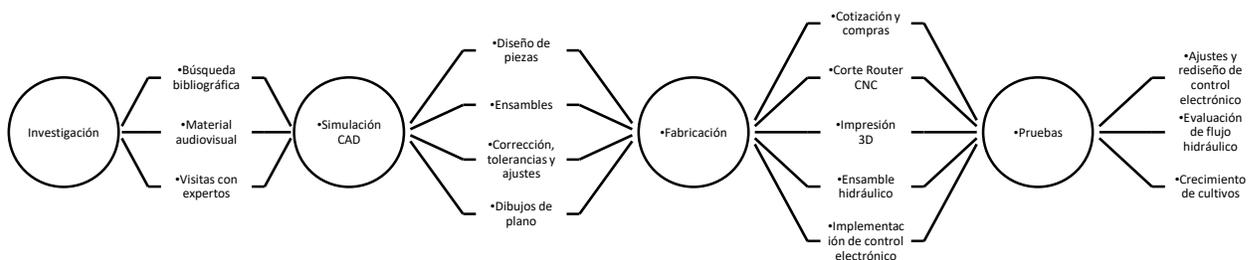


Diagrama 1. Metodología general del proceso de fabricación del sistema aeropónico (Autoría Propia)

Para la fabricación del sistema aeropónico experimental, se debió hacer uso de materiales que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Materiales importantes para la fabricación del sistema aeropónico

Cantidad	Descripción
1 unidad	MDF 5 mm tratado con barniz
5 kg	Filamento PLA para fabricación de piezas 3D
1 unidad	Bomba de agua, tipo Jet de diafragma 60w 5 L/min Dc 12 V
12 unidades	Boquilla de Nebulización Aspersión de 1.5 mm
2 metros	Manguera de riego ¼ de pulgada
1 unidad	Bidón de 20 litros con conectores par circuito de retroalimentación y toma de alimentación
1 metro	Tubo PVC de ½ pulgada, tapón y codo de 90°, para diseño de circuito de retroalimentación
1 kg	Solución nutritiva (preparada para los litros de agua adecuados)

## Resultados y Discusión

La dosificación de la solución nutritiva con el método aeropónico se logra salida de gota fina 1.5 mm, con 7.5 litros/hora aproximadamente, el diseño de las cámaras de protección de raíz genera un vórtice de las gotículas de un radio de pulverización de 0.7 metros aproximadamente, creando así un aerosol que alimenta la raíz del cultivo en los ciclos de riego programados por el sistema de control.

EL sistema aeropónico dosifica en formato de aerosol vertiginoso a la raíz la solución nutritiva compuesta principalmente por Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) y en bajas cantidades compuesta por Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (CU), Boro (B), Molibdeno (Mo), de este modo se genera un coctel nutrimental para alimentar en primera fase experimental el crecimiento de lechuga romana (*Lactuca sativa*). En la siguiente imagen se puede observar la simulación del sistema:

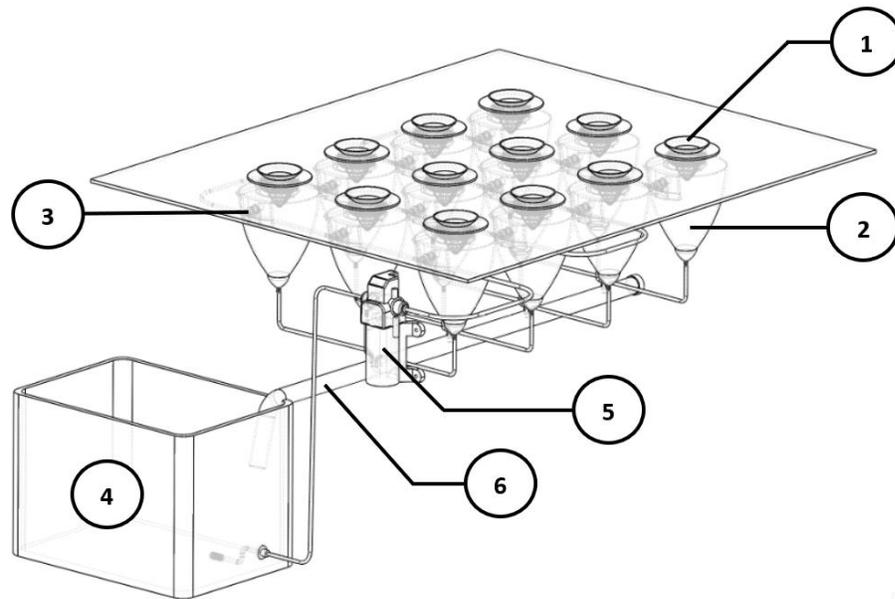


Figura 1. Simulación CAD del sistema hidráulico (Autoría Propia)

Se puede observar las partes principales que se describen a continuación:

1. Canastilla de siembra
2. Protector de raíces
3. Boquilla de nebulización
4. Contenedor de sustancia nutritiva
5. Circuito de alimentación hidráulica
6. Circuito de retroalimentación hidráulica

El sistema embebido de control gestiona la señal de activación para activar la bomba, la cual recolecta del contenedor la solución nutritiva, y la inyecta por la manguera de  $\frac{1}{4}$  de pulgada para ser nebulizada por los actuadores de salida. El fluido inyectado en forma de aerosol, se impregna en forma de gotículas en la raíz y, la forma geométrica del protector de raíces, genera un vórtice que dispersa la solución y al final termina en forma de embudo para recolectar el líquido sobrante, en el circuito de alimentación. Este tiene una pendiente de caída de  $15^\circ$  que se interconecta en el depósito para la recolección oportuna de la solución, y evitar así el desperdicio, y así el ciclo hidráulico comienza una y otra vez. Con esta estrategia se controla la dosificación puntal de la solución creando un ahorro hídrico superior al 80% en métodos convencionales de riego.

El proceso de control automatizado se logra bajo la gestión de un microcontrolador (MCU) Atmega 2650, El algoritmo de programación tiene la tarea de activar la señal PWM hacia el driver de potencia para la activación de la bomba de riego, los ciclos de riego se configuran a través de la interfaz Touch Pad TFT 320x480, en la opción de configuración es posible indicarle al MCU el tiempo de activación del sistema aeropónico y la frecuencia con la que se realizan los riegos durante el día, el flujo del proceso se puede apreciar en el siguiente diagrama:

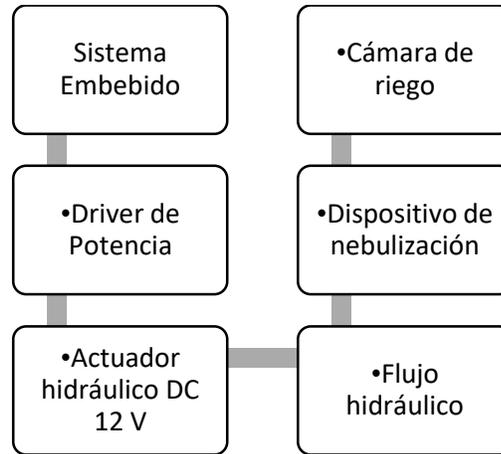


Diagrama 2. Flujo de proceso Sistema Embebido-Flujo Hidráulico (Autoría Propia)

Para realizar la configuración y gestión de los ciclos de riego automatizados, la maquina tiene como entrada el panel TouchPad, donde el usuario puede configurar las opciones de trabajo que están descritas en el siguiente diagrama de flujo:

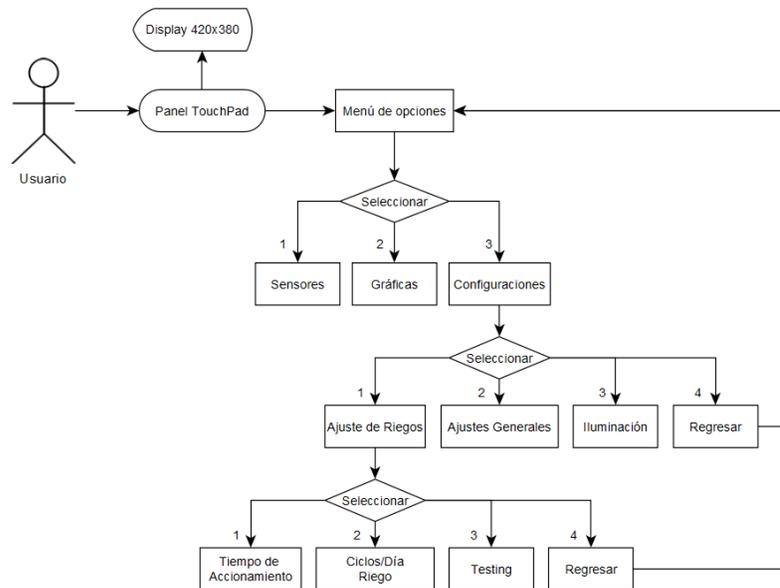


Diagrama 3. Diagrama de flujo de algoritmo de programación para configuración de "Ajustes de Riego"

Como se puede observar en el Diagrama 3, la sección de Ajuste de riego cuenta con 3 opciones de configuración:

1. Tiempo de Accionamiento: Ajuste en segundos para activar la nebulización del sistema aeropónico "n" cantidad de segundos programados
2. Ciclos/Día Riego: Cantidad adimensional entera para indicar la cantidad de riegos que se realizaran el transcurso de cada 24 hrs.
3. Testing: Opción para realizar un chequeo de la correcta activación de los actuadores hidráulicos y el actuador de mezclado de solución nutritiva

## Conclusiones

Los sistemas de riego aeropónicos presentan gran cantidad de ventajas contra los clásicos sistemas de micro-goteo, acuaponía, hidroponía, etc. Dado que el control dosificado de la solución nutritiva que se pulveriza en las raíces de los cultivos crea un ahorro de recurso hídrico, implementado un sistema de retroalimentación de retorno de líquido, por lo tanto, el ahorro se potencializa aún más para evitar el desperdicio. Aunque presentan sus ventajas, también tienen sus desventajas, como son: el costo elevado de instalación, los sistemas de control automatizado para su control, la concentración de sales de la sustancia nutritiva lo que conlleva mantenimiento; circuito hidráulico especializado, etc. Algunas de estas dificultades de diseño se pueden superar con la manufactura de piezas 3D, dado que gran parte del diseño de estos sistemas requieren de piezas especializadas que no fácilmente se puede comprar en el mercado.

El presente proyecto expone los resultados hasta el momento, pasando por las pruebas de montaje, instalación y ajustes. Lo que vuelve prometedor el sistema para la realización de pruebas prolongadas en el futuro. En las pruebas actuales, con lechuga, 2 ciclos/día comenzando desde la semilla hasta una total de 8 días, demostró la factibilidad momentánea del sistema. Se requiere de pruebas prolongadas tanto con semillas y plántulas para realizar tablas de control de crecimiento para reportar resultados de profundidad, será una meta mediano plazo que se estará ensayando en laboratorio próximamente.

## Literatura Citada

- Kozai, T., 2013. Plant factory in Japan: current situation and perspectives. *Chron. Horticult.* 53 (2), 8-11.
- Kozai Toyoki, Fujiwara Kazuhiro, Runkle Erik. (2016) *LED Lighting for Urban Agriculture*. Springer, Singapore.
- NASA. (2018). The Martian Garden Recreates Red Planet's Surface. [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2018/cg\\_4.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2018/cg_4.html)
- NASA. (2019). Space Station Garden Shines Light on Earth-Based Horticulture. [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/ee\\_3.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/ee_3.html)
- BCN. (7 de julio del 2016). Cultivos verticales en Singapur como alternativa sustentable a la importación de alimentos. <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/cultivos-verticales-singapur-arquitectura-sustentable>
- Moreno Roblero, M. de J. Pineda Pineda, J. Colinas León, M. T. y Sahagún Castellanos J. (2020). El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. DOI: 10.29312/remexca.v11i4.2128

## MODELO MATEMÁTICO DE BALANCE DE FERTILIZANTES EN SORGO

Arturo Chong Eslava

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Autor de correspondencia: achonge@chapingo.mx

### Introducción

Cuando los productores de sorgo planean sus cultivos en un nuevo ciclo, su preocupación principal es la de si lograrán obtener el ingreso deseado. Dentro de sus consideraciones es la cantidad de nutrimentos que aplicarán a su cultivo, los costos de los fertilizantes, su rendimiento de grano y el precio de venta de su cosecha. En estos aspectos, el balance de costos, compras, ventas, son parte de sus inquietudes. Para el cálculo del fertilizante requerido por el cultivo de sorgo, se debe considerar la productividad de la región o parcela. La productividad está determinada por el conjunto de recursos que determinan el crecimiento del cultivo, es decir, las condiciones climáticas y del suelo, además de las tecnologías que los productores utilicen. (Figura 1). Se considera la disponibilidad del agua, la precipitación anual, como el factor más importante que define la productividad de la tierra. A la productividad, los costos del fertilizante, el posible rendimiento y los precios de venta de los granos, generan un balance que se debe establecer, para tomar en consideración las decisiones que los productores podrían tomar. Se presentan en este trabajo los modelos matemáticos de cálculo de los fertilizantes, según la cantidad de agua disponible y el de balance de costos de fertilizantes, el rendimiento y los precios de venta del grano.

Si la parcela es pobre, en suelos, topografía, luz solar, temperaturas, disponibilidad de agua, etc., entonces el rendimiento será bajo y la cantidad de nutrimentos a aplicar también.

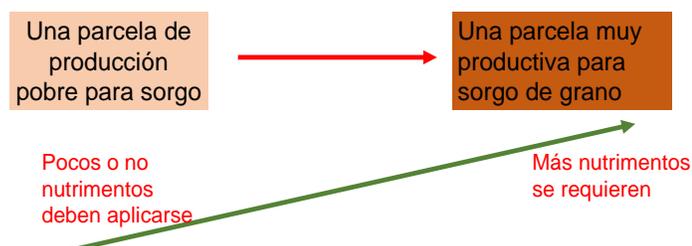


Figura 1. La riqueza agrícola de la parcela depende de los recursos naturales con los cuales cuenta, climáticos, suelo, tecnología del productor.

### Materiales y Métodos

Con información de las principales áreas de producción de sorgo de México, en cuanto a las precipitaciones anuales (Normales Climatológicas, 2020). y la cantidad de fertilizantes utilizados, N-P-K, (folletos de INIFAP, Cuadros 1), se estableció por medio de regresiones lineales, usando la herramienta de Excel, modelos matemáticos de relación precipitación y cantidad de nutrimentos aplicados, N-P-K.

Se estableció el balance de los costos de aplicación de los fertilizantes, la producción de grano por hectárea de esas regiones y los precios de venta del grano (SIAP, 2020), a través de un modelo matemático. (Cuadro 1). Aun cuando también la temperatura es importante, se estableció solo la relación de humedad y rendimiento del grano y la cantidad de nutrimentos a aplicar.

Cuadro 1. Aplicaciones de nutrimentos en diferentes regiones de México para el cultivo de sorgo con diferentes precipitaciones anuales.

REGIÓN	Agua disponible mm	N Kg/Ha	P2O5 Kg/Ha	K2O Kg/Ha	Rendimiento T/Ha
Nayarit					
Humedad residual	380	80	40	0	4
Humedad Residual y riego	430	100	40	0	4.5
Ciclo primavera	460	100	40	0	5
Humedad residual y temporal	500	120	50	0	5.3
Mexicalí y San Luis Río Colorado					
Riego	700	240	80	0	6
Sinaloa					
Norte	700	250	80	150	8
Temporal	300	80-100	0	0	3.5
Culiacán, temporal	320	84	44	85	3.5
Tamaulipas					
Doble hilera	600	120	40	0	5.5
Surcos ultraestrechos	600	120	40	0	5.5
Río Bravo, híbrido en riego		120	40	0	6.45
Norte, temporal	300	60	40	0	3.5
Sin fertilizar	300	0	0	0	2
Huasteca	700	120	40	0	6.8
Guanajuato					
Híbridos tardíos	700	240	40	0	9
Híbridos intermedios	650	220	40	0	8
Híbridos precoces	600	200	40	0	7
Buen temporal	600	120	40	0	4
Temporal regular	450-600	100	40	0	3.5
Temporal malo	<450	80-100	40	0	2
Morelos					
Temporal	550	90	35	0	3.8
Riego	700	200	40	0	5.82
Michoacán					
Temporal	500	160	46	0	4
Riego	650	220	46	0	6
Jalisco					
Punta de riego	700	240	46	0	7
Temporal	550	200	46	0	5.5
Sur temporal	455	180	46	0	4
Guanajuato					
Tardíos	700	240	40	0	6
Intermedios	600	220	40	0	6
Precocés	500	200	40	0	5

## Resultados y Discusión

Para nitrógeno, se determinó el modelo que se presenta en la Figura 2. Una línea recta mejor resuelve la relación agua disponible. Se tomó los datos en general. La respuesta es que a mayor humedad las plantas responderán mejor en sus procesos fisiológicos, lo que demandará apoyarse con cada vez más cantidades a aplicar de nitrógeno, para producir más área foliar, mayor fotosíntesis, mayor cantidad de flores por inflorescencia, granos más pesados y al último mayor rendimiento de grano.

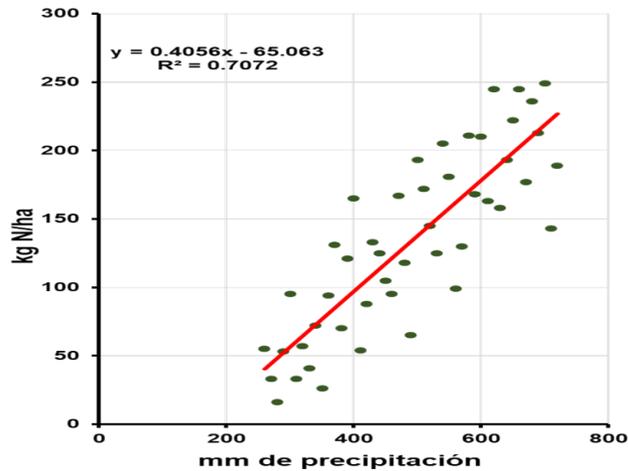


Figura 2. Modelo de la relación agua disponible y cantidad de nitrógeno para sorgo en México.

Igual, la Figura 3, muestra el modelo desarrollado para fósforo. Nuevamente una regresión lineal sirve aquí para determinar la relación de cantidad aplicada a fósforo y agua disponible, con las mismas observaciones hechas para el nitrógeno.

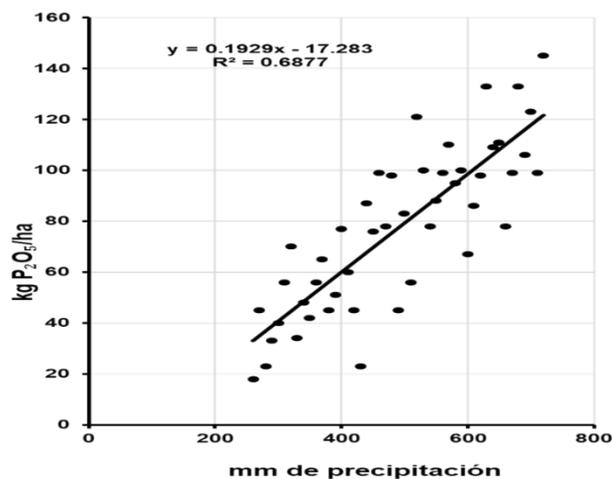


Figura 3. Modelo de la relación agua disponible y cantidad de fósforo para sorgo en México.

El Cuadro 2, muestra los modelos para el cálculo de nitrógeno, fósforo a aplicar y rendimiento en función de la disponibilidad de agua (mm). Como se observa en el Cuadro 1, a nivel nacional no se hacen aplicaciones de potasio, por lo que este modelo no se produjo en este ejercicio. ¿Será verdad que no requiere el sorgo potasio? La contestación sería que no es verdad. Aunque se debe considerar que la mayoría de las siembras de sorgo, que ocurren principalmente en el Norte de Tamaulipas y Norte de Nayarit, son bajo la humedad de las lluvias, que en estas regiones son muy escasas, con rendimientos muy bajos, de entre 2 a 3.8 T/Ha-1, por lo que sus requerimientos de este nutrimento serían muy bajos. Incluso en muchas regiones del país donde se siembra sorgo, muchas veces los productores solo aplican nitrógeno, y no en las cantidades requeridas, lo que explica en cierta forma los bajos rendimientos en general.

Cuadro 2. Modelos de rendimiento, cantidades de nitrógeno y fósforo en función de la disponibilidad de agua (mm) para sorgo en México.

RENDIMIENTO DE SORGO DE GRANO	
Grano (Kg/Ha) = 0.017 (mm) + 0.2269	
NITROGENO	
N(Kg/Ha) = 0.4056 (mm) + 6.5063	
FÓSFORO	
P2O5(Kg/Ha) = 0.1929 (mm) + 1.7283	

El balance de los precios de los granos, costo de fertilizantes y ganancias (Valor grano menos valor fertilizantes) se muestran en el Cuadro 3, con diferente disponibilidad de agua (mm). Se observa respuesta positiva en el incremento del uso de fertilizantes a mayor cantidad de agua disponible. Es decir, al contar con mayor agua disponible potencialmente el rendimiento será mayor, requiriéndose mayor cantidad de nutrimentos. Por lo que debe considerarse el incremento de uso de nutrimentos al tener una parcela con mayor disponibilidad de agua (mm) o precipitación.

Cuadro 3. Balance de cantidades de nitrógeno y fósforo y los precios de estos y el grano y la ganancia.

Agua disponible mm	N Kg/Ha	P2O5 Kg/Ha	Rendimiento T/Ha	Valor grano Ton \$3,850.00	Valor N (\$/Ton) \$5,300.00	Valor P2O5 (\$/Ton) \$4,950.00	Valor Fertilizante \$	Ganancia por uso de fertilizante \$
300	57	60	5.3	20,508.57	300.07	295.01	595.08	19,913.48
400	97	79	7.0	27,053.57	515.04	390.50	905.54	26,148.03
500	138	98	8.7	33,598.57	730.01	485.98	1,215.99	32,382.58
600	178	117	10.4	40,143.57	944.97	581.47	1,526.44	38,617.12
700	219	137	12.1	46,688.57	1,159.94	676.95	1,836.90	44,851.67

## Conclusiones

Se establecieron modelos matemáticos que relacionan la humedad disponible, la temperatura y las dosis de nitrógeno y fósforo, y rendimiento, con respuesta positiva, que pueden usarse para el cálculo de la cantidad a aplicar y posible rendimiento y ganancia.

## Literatura Citada

- Campos H. A. 2012. Sorgo de temporal. Desplegable para productores No. 26. INIFAP, Fundación Produce Morelos A.C. Zacatepec, Morelos, México.
- Campos H. A., Lugo A. A. 2012. Paquete tecnológico de sorgo para el estado de Morelos. Folleto para productores No. 61. INIFAP. Zacatepec, Morelos, México.
- Félix M. J. G. 2015. Guía para el cultivo de sorgo para grano en el norte de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A.C. CVTTS. Sinaloa.
- Hernández M. M., Vega Z. G., Arévalo V. A., Rodríguez G. J.H., Vuelvas C. M.A., Díaz C. G., Narro S. J. 1990. Guía para cultivar sorgo de riego y temporal en Guanajuato. Folleto para productores No. 4. INIFAP. Guanajuato. México.
- Meza P. R. 2016. Guía técnica para producción de sorgo en la zona de temporal de Culiacán, Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A.C. CVTTS. Culiacán, Sinaloa.
- Montes G. N., García G. M.A. 2007. Siembra de sorgo en surcos ultraestrechos. INIFAP. Tamaulipas, México.
- Montes G. N., García G. G. Garza C. 2011. Tecnología generada en 2011. Proyecto 3077453<sup>a</sup>. INIFAP. Tamaulipas, México.
- Normales Climatológicas. 2019. Sistema Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. 2020. SADER.

## COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE PITAHAYA (*Hylocereus* spp.) EN ILUMINACIÓN DE LED'S

Omar Galicia Salgado<sup>1\*</sup>, Genaro Pérez Jiménez<sup>2</sup>, Gabriela Hernández Hernández<sup>3</sup>,  
Alma Lizeth Rodríguez Moreno<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Universidad Politécnica de Puebla Ingeniería en Biotecnología. Tercer Carril del Ejido "Serrano" s/n San Mateo Cuanalá. Juan C. Bonilla, Puebla, Pue C.P. 72640. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Federal México-Puebla Km 56.5, 74100 Santa Rita Tlahuapan, Puebla. \* Autor de correspondencia: omar.galicia1321@uppuebla.edu.mx

### Introducción

La luz es indispensable en fotosíntesis, crecimiento y desarrollo de plantas (Ding et al., 2010), las plantas responden a la intensidad y color de la luz (Johkan et al., 2012); la producción de material vegetal, se puede manipular artificialmente por medio del ambiente de crecimiento, variables como, intensidad de luz, calidad y cantidad de luz, la temperatura y humedad (Blanco et al., 2015). El cultivo indoor es apropiado para todo tipo de planta debido que la iluminación es a través de diodos emisores de luz (LEDs), que se les conoce como luces de crecimiento y una fuente de luz artificial, que proporciona la luz que la planta necesita para crecer, aumentar el fotoperiodo con el fin de disparar el crecimiento y la floración (Ramos y Ramírez, 2016). En el mundo, especies cactáceas tienen importancia económica; entre ellas destacan algunas del género *Opuntia* originarias de zonas áridas de México y otras de los géneros *Hylocereus* y *Selenicereus* originarias de América tropical (Luis et al., 2006). La pitahaya posee ciertas cualidades que las diferencian del resto de las plantas y les permiten sobrevivir en las condiciones de sequía (Ricalde y Andrade, 2009). Por esta razón el objetivo fue estudiar la respuesta fisiológica a diferentes tratamientos de iluminación LED (fluorescente, morado, verde, azul y rojo), en plántulas de pitahaya.

### Materiales y Métodos

El experimento se estableció en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), del Campo Experimental San Martinito. Se establecieron semillas de pitahaya previamente seleccionadas y caracterizadas, colocando 100 semillas en una caja Petri de plástico, con una base de papel absorbente para mantener la humedad, esto en seis repeticiones por cinco tratamientos de LED con focos LED AKSI® de color morada(LM), fluorescente (LF), azul (LA), verde (LV), rojo (LR) obtuvieron valores de 54.53,88.96, 83.03, 53.26, 56.36 lu m<sup>2</sup> -1 respectivamente la longitud de onda fue determinada por un luxómetro (Stereon®, modelo HER-408), a una temperatura de 20.3 ± 2 °C, con un fotoperiodo de 16 horas luz y ocho horas de oscuridad, programado por un temporizador Stereon®, desde la siembra a la germinación, las variables de estudio fueron a partir de plántulas de 180 días de germinación: peso de la planta (PP)(g), longitud de radícula (LR)(mm), longitud del tallo (LT) (mm), longitud de hoja uno (LH1)(mm), ancho de hoja uno (AH1) (mm); longitud de hoja dos (LH2)(mm), ancho de hoja dos (AH2)(mm); diámetro del tallo (DT)(mm); espesor (ESPE)(mm); número de hileras (HILE); peso fresco del tallo (PFT)(g); peso

fresco cactus (PFC)(g); peso cotiledones (PC)(g);área foliar (AF)(cm<sup>2</sup>) con la metodología propuesta por Saucedo et al. (2017); volumen del cactus (VC)(mL); volumen del tallo (VT) (mL); relación vástago raíz (REVARA); cociente del área foliar (COSIAREAFO) estas dos variables se sacaron con la metodología propuesta por Medina (1977). El diseño experimental fue completamente al azar, los datos obtenidos se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA). Para variables que mostraron significancia se realizó la comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ ), utilizando el programa estadístico SAS 9.4 (Statistical Analysis System, 2014).

## Resultados y Discusión

El cuadro 1, muestra el análisis de varianza de los datos obtenidos en pitahaya; se detectó los cuadrados medios con diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.001$ ), en las variables de estudio PP, LR, LT, LH1, AH1, LH2, AH2, DT, ESPE, HILE y VT; en cambio PFT, PFC, AF, VC y REVARA fueron significativas ( $p \leq 0.5$ ), y no significativas en PC, COSIAREAFO.

Cuadro 1. ANOVA de variables fisiológicas de plántulas de pitahaya (*Hylocereus spp.*)

Variable	MEDIA	CM <sup>†</sup>		CV <sup>‡</sup>	R <sup>2</sup>
		LUZ	ERROR		
PP	0.0365	0.00034180*	0.00003003	0.015013	0.5029
		*			
LR	6.044	0.1503 **	0.047	0.3590	0.7393
LT	14.86	0.63288**	5.22	15.38	0.91
LH1	7.522	17.77 **	0.43	8.72	0.47
AH1	3.35	1.31 **	0.14	11.207	0.45
LH2	6.19	2.070**	0.446	10.78	0.292
AH2	2.90	5.472 **	0.1803	14.63	0.4027
DT	1.004	0.1714**	0.172	13.06	0.665
ESPE	0.952	0.418 **	0.0304	18.314	0.733
HILE	2.8	13.5**	0	0	1
PFT	0.156	0.000049 *	5.98x10 <sup>-8</sup>	15.59	0.6232
PFC	0.002952	22.9X10 <sup>-6*</sup>	6.3x10 <sup>-6</sup>	85.0034	0.421
PC	0.023	0.0014 ns	0.00118	148.15	0.196
AF	0.0033	0.000033*	0.0000048	65.60	0.58
VC	0.0111	0.000169 *	0.00006006	69.44	0.36
VT	3.97	37.71 **	2.24	37.63	0.77
REVARA	9.17	14.469 *	2.020	15.49	0.58
COSIAREAFO	0.740	0.0134 ns	0.0117	146.57	0.18

CM<sup>†</sup>: cuadrados medios; CV<sup>‡</sup>: coeficiente de variación; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; \*: significativo ( $p < 0.0005$ ); \*\*: altamente significativo ( $p < 0.001$ ); ns: no significativo al ( $p \leq 0.5$ ). PP: peso de la planta; LR: longitud de radícula; LT: longitud de tallo; LH1: longitud de hoja uno; AH1: ancho de hoja uno; LH2: longitud de hoja dos; AH2: ancho de hoja dos; DT: diámetro del tallo; ESPE: espesor; HILE: número de hileras; PFT: peso fresco del tallo; PFC: peso fresco cactus; PC: peso cotiledones; AF: área foliar; VC: volumen del cactus; VT: volumen del tallo; REVARA: relación vástago raíz; COSIAREAFO: cociente del área foliar.

En el cuadro 2, se muestra que el LED morado influye en PFC, PC, AF y COSIAREAFO, en general, las plantas cultivadas bajo luz morada tienen hojas gruesas, tallos y entrenudos cortos (Bures et al., 2018). En cambio, en LED rojo indujo en el volumen del cactus, mientras que el LED azul (figura 1.) estimuló PP, LR, AH y DT, así como en HILE, lo cual indica el LED azul estimula o favorece el crecimiento vegetativo (Massa et al., 2008). De acuerdo con Kurilčik et al. (2008) en chrysanthemum, la luz azul y roja, ocurre una interacción sinérgica entre criptocromos y fitocromos (fotorreceptores del azul y rojo, respectivamente) de esta manera estos pigmentos pueden ser responsables de la percepción y activación del proceso de rizogénesis y crecimiento vegetal, además que en el rango de 400 y 520 nm en que se encuentra el espectro de LED azul, de acuerdo a INTAGRI, (2018) la pitahaya se puede comportar como una planta C3. En LED verde se observó elongación del tallo (Figura 1.), también VT y LH, en LED verde se refleja o penetra a través del dosel vegetal, sin embargo, la luz verde contiene información valiosa sobre el entorno de la planta, guiando así el hábito de crecimiento de la misma, las plantas cultivadas bajo la luz verde tienen pecíolos y entrenudos largos y hojas alargadas (Smith et al., 2017), el LED fluorescente estimuló PFC, así como HILE, ya que el espectro blanco que es una mezcla de todos los colores, provocando la floración, la elongación de los tallos, la germinación, etc, (Barbero 2010).

Cuadro 2. Influencia de luz LED en pitahaya por comparación múltiple de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ ),

LUZ	Variables															
	PP	LR	LT	LH1	AH1	LH2	AH2	DT	ESPE	HILE	PFT	PFC	AF	VC	VT	REV ARA
LM	0.036 a	4.16 bc	10.6 4 b	7.23 bc	3.48 ab	6.03 ab	3 ab	1 b	0.88 0 b	3 b	0.01 6 ab	0.00 46 ba	0.00 7 a	0.01 a	3.86 bc	9.5 ba
LR	0.035 4 b	3.62 c	22.4 4 a	7.99 ab	3.07 bc	6.39 ab	2.42 c	0.98 bc	1 ab	0 c	0.01 8 ab	0 b	0 c	0.02 1 a	6.53 ba	8.9 b
LA	0.044 a	12.5 5 a	6.7 c	7.48 ab	3.67 a	5.99 b	3.32 a	1.26 a	1.12 ab	4 a	0.01 3 bc	0.00 27 ba	0.00 4 ba	0.00 98 ba	0.67 d	7.1 b
LV	0.039 ab	3.22 c	24.3 3 a	8.31 a	2.87 c	6.87 a	2.63 bc	0.74 c	1.26 a	3 b	0.01 88 a	0.00 2 ba	0.00 22 bc	0.00 96 ba	6.89 a	8.4 b
LF	0.028 c	6.67 b	10.2 1 b	6.6 c	3.66 a	5.68 b	3.14 ab	1.04 ab	0.5 c	4 a	0.01 1 c	0.00 54 a	0.00 32 bac	0.00 54 b	1.92 dc	11.7 7 a
DMS	0.007	2.75	2.9	0.83 38	0.47 71	0.84 88	0.53 97	0.95 2	0.33	0	0.00 46	0.00 47	0.00 42	0.01 47	2.83	2.6

DMS\*: diferencia mínima significativa; Valores con diferente letra entre columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.5$ ), PP: peso de la planta; LR: longitud de radícula; LT: longitud de tallo; LH1: longitud de hoja uno; AH1: ancho de hoja uno; LH2: longitud de hoja dos; AH2: ancho de hoja dos; DT: diámetro del tallo; ESPE: espesor; HILE: número de hileras; PFT: peso fresco del tallo; PFC: peso fresco cactus; AF área foliar; VC: volumen del cactus; VT: volumen del tallo; REVARA: relación vástago raíz; LM: luz morada; LR: luz roja; LA: luz azul; LV: luz verde; LB: luz fluorescente

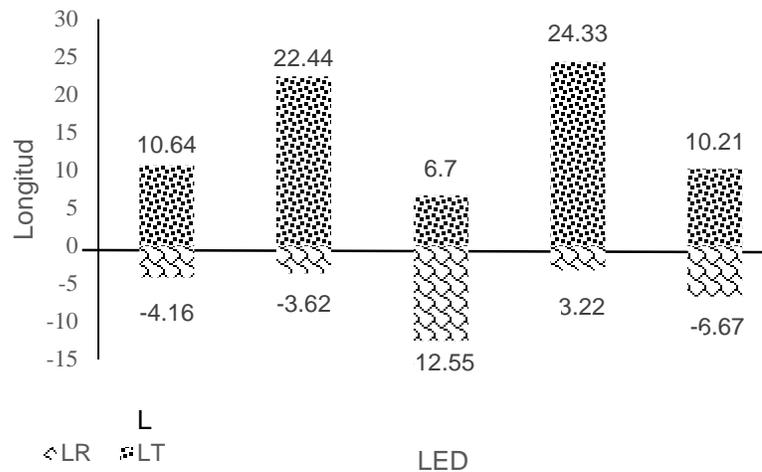


Figura 1. Longitud de tallo y raíz en plántulas de pitahaya en diferente iluminación LED.

## Conclusión

El cultivo con iluminación LED's modifica el crecimiento y el desarrollo fisiológico en plántulas de pitahaya, ya sea el caso de aumentar la longitud del tallo con el LED rojo y verde, como el aumento del ancho del tallo y una rizogénesis provocado por el LED Azul, además de estimular el desarrollo de plántulas de pitahaya (*Hylocereus* spp.), por lo tanto, en la propagación de cactáceas es posible hacer una combinación de LED's, con el propósito de obtener un desarrollo eficiente en plántulas, ya que los LED's son efectivos como fuente de radiación fotosintética, promoviendo el desarrollo y crecimiento de cualquier tipo de planta.

## Literatura Citada

- Blanco, Y., Afifi, M., y Swanton, C. 2015. Efecto de la calidad de la luz en el cultivo del maíz: una herramienta para el manejo de plantas arvenses. *Cultivos Tropicales*, 36(2): 62-71.
- Bures, S., Gavilán, M. U., y Kotiranta, S. 2018. Iluminación artificial en agricultura Enero 2018 Artículo técnico. <http://www.bibliotecahorticultura.com>
- Ding, Y., He, S., Teixeira da Silva, J. A., Li, G., and Tanaka, M. 2010. Effects of a new light source (cold cathode fluorescent lamps) on the growth of tree peony plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 125(2), 167-169.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.019>
- INTAGRI. 2018. Plantas C3, C4 y CAM. Serie Nutrición Vegetal, Núm. 125. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S., and Yoshihara, T. 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environmental and Experimental Botany*, 75, 128-133.  
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.08.010>
- Kurilčik, A., Miklušytė, C. R., Dapkūnienė, S., Žilinskaitė, S., Kurilčik, G., Tamulaitis, G., Žukauskas, A. 2008. In vitro culture of *Chrysanthemum* plantlets using light-emitting diodes, *Central European Journal of Biology*, 3(2), 161-167(2).  
<https://doi:10.2478/s11535-008-0006-9>

- Luis, J., Fernanda, M., Luis, J., Carlos, J., & Soto, V. (2006). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30240601>.
- Massa, Kim, Wheeler, and Mitchell. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, 43(7), 1951–1956.  
<https://doi.org/10.21273/hortsci.43.7.1951>
- Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal (E. V. Chesneau (ed.), Vol. 16, Número 1).
- Ramos, G. Y., and Ramírez, L. E. 2016. Development of an artificial LED lighting system for indoor farming. *Informador Técnico*, 80(2), 111–120.
- Ricalde, M. F., y Andrade, J. L. 2009. La pitahaya *Ciencia*, 38.  
[https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/60\\_3/PDF/05-488-La-pitahaya.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/60_3/PDF/05-488-La-pitahaya.pdf)
- SAS. Artificial Intelligence and Data (SAS 9.4) [Software] 2014. Retrieved from: <https://support.sas.com/software/94/>
- Sauceda-Acosta, C. P., González-Hernández, V. A., Sánchez-Soto, B. H., Sauceda-Acosta, R. H., Ramírez-Tobías, H. M., and Quintana-Quiroz, J. G. 2017. Macf-lj , Automated Method For Measuring Color and Leaf Area Through Digital Images. *Agrociencia*, 51, 409–423.
- Smith, H. L., Mcausland, L., and Murchie, E. H. 2017. Don't ignore the green light: Exploring diverse roles in plant processes. *Journal of Experimental Botany*, 68(9), 2099–2110.

## **EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD CICATRIZANTE Y ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE PROPÓLEO**

Perla Martínez-Rojas<sup>1</sup>., Concepción García-Luján<sup>1</sup>., Joaquín Avalos-Soto<sup>1</sup>.,  
Miguel Téllez-López<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. \*Autor de correspondencia: mtellez@ujed.mx

### **Introducción**

La cicatrización de heridas es un proceso complejo y dinámico de restauración de las estructuras celulares y las capas de tejido de la piel u otros órganos del cuerpo después de la lesión (Al-Waili, 2018). Al verse involucradas numerosas reacciones químicas, ocurren alteraciones que impiden la correcta recuperación de tejido cicatricial (Hasan et al., 2015). Una complicación implica una inversión económica, relacionada con la formación de personal especializado en el cuidado de heridas, insumos, incremento en la estancia hospitalaria de los pacientes, reingresos, aumento de las tasas de infección, etc. En México, lamentablemente, no hay estadísticas del gasto y la prevalencia de pacientes que son atendidos con heridas crónicas y/o quemaduras que no estén relacionados directamente con enfermedades degenerativas, y las cifras registradas no cuentan con el suficiente peso para dar un debido seguimiento. En la actualidad hay diferentes tratamientos que ayudan a la reparación de heridas; sin embargo, diversas investigaciones han sido basadas en la búsqueda de productos naturales que favorezcan la cicatrización, tal es el caso del propóleo. Varios estudios han mostrado tasas significativamente reducidas de infección de heridas causadas por quemaduras, lo que indica que el propóleo esteriliza y promueve la granulación temprana. Además, genera una disminución de la inflamación y genera un control de radicales libres debido a su efecto antioxidante, limitando el daño y disfunción multiorgánica posterior.

### **Materiales y Métodos**

*Elaboración del extracto etanólico de propóleo (EEP):* Se preparó el extracto por maceración con etanol absoluto considerando 25g disueltos en 250 mL del solvente, luego de 24 horas en agitador, se filtró con un embudo Buchner aunado a un matraz kitasato junto a una bomba de vacío hasta que el residuo obtenido fue lo más claro posible. Enseguida, se sometió al rotavapor a 100 rpm, 50°C por 30 min hasta lograr el propóleo sólido libre del solvente. Se dividió en tres cajas Petri posteriormente expuestas a una estufa de vacío a 40°C, 20atm, purgada cada hora por 24 h. Una vez obtenida la materia en seco, se pesaron las cajas en balanza analítica.

*Contenido de polifenoles totales en el EEP:* Se preparó una solución patrón de ácido gálico de 1000 ppm para las concentraciones de la curva. Se realizó una disolución de carbonato de sodio al 7.5 % y reactivo de Folin-Ciocalteu al 5.25 %. Se establecieron las concentraciones del EEP (5000, 1000, 620 y 320  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) y se adicionaron en una placa de 96 pocillos: 10  $\mu\text{L}$  de muestra más 100  $\mu\text{L}$  de reactivo de Folin Ciocalteu más agua destilada, se incubó durante 5 min, luego se adicionaron 80  $\mu\text{L}$  de la disolución de carbonato de sodio al 7.5 % y se dejó reposar por 30 min. Finalmente se leyó la absorbancia a 740 nm.

### ***Actividad antioxidante del EEP***

*Método ABTS:* Se preparó una solución acuosa de ABTS [7 mM] y una solución de persulfato de potasio [2.45 mM]. El radical ABTS+ [2.45 mM] se dejó reaccionar durante 12-16 horas en la oscuridad, a temperatura ambiente. Se diluyó el radical con etanol y agua (75:25). Se mezcló 10  $\mu\text{L}$  del EEP (5000, 1000, 620 y 320  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) con 190  $\mu\text{L}$  de la solución de ABTS+ y la absorbancia se midió después de 30 minutos a 740nm.

*Método DPPH:* Las soluciones fueron ajustadas a una absorbancia de 0.80. Se tomó 10 $\mu\text{L}$  de cada concentración del EEP y se le adicionó a cada uno 190  $\mu\text{L}$  de la solución de 0.025 mg/mL de DPPH. Se midió la absorbancia a 520 nm.

*Método FRAP:* El reactivo FRAP, se preparó con el reactivo TPTZ [0.01M] en HCl 0.04M en 25mL,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  [0.02M] en 25 mL y 16 mL de un tampón de acetato sódico con un pH 3.6. Las soluciones se mezclaron: 2.5 mL de TPTZ, 2.5 mL de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y 25 mL de solución buffer. Se tomó 10 $\mu\text{L}$  de cada concentración del EEP más 190  $\mu\text{L}$  de reactivo FRAP. Se incubaron por 30 minutos y se midió su absorbancia a 595 nm.

*Cicatrización in vitro por técnica Scratch Wound Healing Assay:* Se utilizaron fibroblastos humanos y de ratón: se sembraron  $1 \times 10^6$  células en placas de cultivo con 96 pocillos por triplicado hasta alcanzar una confluencia del 90%. Tras tener la confluencia adecuada se realizó un rasguño en el centro de la placa con una puntilla amarilla con un diámetro de 0.9mm. se aplicaron los cuatro tratamientos (0, 300, 450 y 600 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) del EEP en medio DMEM suplementado con SFB 2%. Se utilizó como control negativo solo medio DMEM y como control positivo medio DMEM suplementado con 10% de SFB. Después de realizar la exposición se tomaron fotografías a las 0, 6, 12, 24, y 48 h (Mohamed et al., 2015). Se realizó un análisis de los datos con el analizador de ImageJ.

## Resultados y Discusión

*Rendimiento del EEP:* En el cuadro 1 se representan el peso inicial, final y porcentaje de rendimiento. Los datos obtenidos arrojaron un resultado de 47.51%.

Cuadro 1. Diferencia para el rendimiento del extracto etanólico de propóleo en gramos de base seca (gbs).

Peso inicial (g)	Peso final (g)	Porcentaje rendimiento (%)
25	11.879	47.51

Rodríguez y colaboradores en 2020, encontraron similitudes en EEP de Michoacán con un 43% de rendimiento. Esta asociación contradice a lo establecido en la literatura ya que, a pesar de que ambos propóleos tienen distinta procedencia, flora, fauna circundante, entre otros factores, la diferencia de rendimientos es mínima. Siendo el porcentaje de rendimiento un indicador muy importante ya que en este recae la calidad de la materia prima, cuanto mayor sea el valor de esta fracción, mejor será el producto final, debido a que es en ella donde están los compuestos de interés. Por consiguiente, se hace evidente que todo lo anterior sugiere una actividad biológica sinérgica de los diferentes compuestos (Rodríguez et al., 2020).

*Contenido de polifenoles totales en el EEP:* El valor de contenido de polifenoles totales del EEP entre 5000 y 320 µg/mL se muestra en el Cuadro 2, mismo en el que el resultado de las concentraciones osciló entre 3771.8 y 241.39 mgEAG/gbs.

Cuadro 2. Contenido en miligramos equivalentes de ácido gálico (mgEAG)/ gramos de base seca (gbs) de las concentraciones del EEP.

Concentración (µg/mL)	mgEAG/gbs
5000	3771.8
1000	754.36
620	467.70
320	241.39

Karapetsas y colaboradores, indicaron en 2019 que el EEP griego a concentraciones similares, es decir, entre 5000 y 100 µg/mL contenía de 4114 hasta 107.73 mgEAG/gbs. Aunque comparten factores en la determinación de estos componentes como el método de recolección, almacenamiento, solvente utilizado y método de extracción; existen otros que influirían de manera crucial en el resultado observado como la zona geográfica de la que provienen además de la temporada en la que ambos fueron recolectados, ya que mientras el propóleo griego fue almacenado en época primaveral, el obtenido en este estudio fue en la invernal, por lo que las temperaturas representarían según la literatura un impacto importante en el contenido total de polifenoles y por consiguiente en su capacidad antioxidante. Sin embargo, los factores ambientales no fueron una limitante ya que presentan capacidades antioxidantes similares.

*Método DPPH:* Se observó una correlación entre la determinación de polifenoles totales y la actividad antioxidante en los métodos de DPPH y ABTS, así como también se apreció que el porcentaje de inhibición de ambos métodos aumenta a medida que aumenta la concentración del extracto.

Cuadro 3. Contenido en porcentaje (%) y miligramos equivalentes a trolox (mgET)/ gramos base seca (gbs) de las concentraciones del EEP.

Concentración ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	Inhibición (%)	mgET/gbs
5000	62.13	41.33
1000	12.42	8.26
620	7.70	5.12
320	3.97	2.64

En 2019 con extracto de propóleo chino utilizando etanol absoluto como solvente, registró una IC50 de  $620\mu\text{g}/\text{mL}$ . Aunque los resultados difieren por mucho a los establecidos en este estudio, los datos encontrados por Sun y asociados incluyeron observaciones a distintas concentraciones del solvente, siendo la concentración media inhibitoria más cercana a la encontrada a esta investigación en etanol al 25% con un IC50 de  $7120\mu\text{g}/\text{mL}$ . Estos resultados supondrían que el solvente utilizado, además de la concentración empleada para el extracto tiene una importante relevancia en la extracción de compuestos polifenólicos de interés a los que se les atribuye la capacidad antioxidante.

*Método ABTS:* En el Cuadro 4 se muestran las concentraciones de 5000 a  $320\mu\text{g}/\text{mL}$  en las que resultados entre 60.53 y 3.87 mgEAG/gbs.

Cuadro 4. Contenido en porcentaje de inhibición (%) y miligramos equivalentes a trólox (mgET)/ gramos de base seca (gbs) de las concentraciones del EEP.

Concentración ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	Inhibición (%)	mgET/gbs
5000	51.98	60.53
1000	10.39	12.10
620	6.44	7.50
320	3.32	3.87

Aunque los datos encontrados en el contenido total de polifenoles y DPPH encuentran una relación proporcional con el método de ABTS, en comparación con otros estudios realizados en Latinoamérica, se han observado marcadas diferencias principalmente en esta técnica. En 2017, Benavidez con propóleo peruano encontró un IC50 en  $1069\mu\text{g}/\text{mL}$ . Dentro de las investigaciones de propóleos tanto en México como en Perú, es relevante señalar que no cuentan con suficientes investigaciones como es el caso de otros países líderes en este ramo en que se tienen conocimientos más amplios de los mismos por lo que sabemos que aunque de manera general todos los propóleos son similares existen características sumamente particulares que los hacen únicos por lo que en pruebas específicas, propóleos del mismo país tendrían variada diferencia antioxidante.

*Método FRAP:* Se encontró un IC50 en 3190µg/mL (Cuadro 5), deduciendo una mayor presencia de antioxidantes no enzimáticos.

Cuadro 5. Contenido en miligramos equivalentes a trólox (mgET)/ gramos de base seca (gbs) de las concentraciones del EEP.

Concentración (µg/mL)	µMET/ gbs
5000	280
1000	56
620	34
320	17

En un estudio realizado por Touzani y colaboradores en 2018 con extracto hidroalcohólico de propóleo de Marruecos, África encontraron un IC50 en 1080µg/mL, mientras que Yang y colaboradores (2011) con EEP establecieron un IC50 en 5µg/mL. Ambos, aunque distan a las observaciones encontradas en este estudio, tienen en común que fueron los resultados encontrados en menor cantidad en sus respectivos propóleos, lo que, en teoría indicaría una mayor presencia de componentes no enzimáticos que reducen el hierro férrico a su forma ferrosa teniendo una actividad antioxidante. Resulta de interés la manera en la que independientemente de su ubicación, el propóleo de manera general, tiene un mejor desempeño en esta técnica ampliamente utilizada.

*Cicatrización in vitro por técnica Scratch Wound Healing Assay:* Los porcentajes de cicatrización de las distintas concentraciones de EEP son representados a diferentes tiempos de monitoreo en fibroblastos humanos (Figura 1) y fibroblastos de ratón (Figura 2). En ambas líneas, a las 24h se observó una diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) en las que las concentraciones de 450 y 600µg/mL, sin embargo, el mayor porcentaje de cicatrización se observó a 600µg/mL. En fibroblastos humanos con un 37.23% y en fibroblastos de ratón con un 57.45% a las 48h. De igual manera, ninguna de las concentraciones administradas obtuvo una cicatrización completa en el tiempo de monitoreo determinado.

Jacob y colaboradores (2015) en estudios con propóleo de Malasia aplicados en fibroblastos humanos, encontraron datos similares siendo que a 250µg/mL observaban una tasa de migración rápida y una máxima proliferación a 500 µg/mL. De igual manera, al cabo de 12h se observaban diferencias significativas en estas dos concentraciones del extracto y después de 48h la máxima dosis empleada fue la del mejor efecto; sin embargo, aunque esta investigación no fue analizada a manera de porcentaje de curación de la herida, ninguna concentración obtuvo una monocapa completa, lo que significaría la formación total de una cicatriz al término del ensayo. Debido a las condiciones propias de los cultivos celulares, un monitoreo de 48h normalmente no arrojaría resultados de restauraciones de la monocapa al 100% aunque sí demostrarían la efectividad de la actividad cicatrizante del propóleo en fibroblastos humanos, independientemente de su origen, la composición general y sinérgica determinarían de manera crucial el impacto en la estrechez de la herida en simulación *in vitro*.

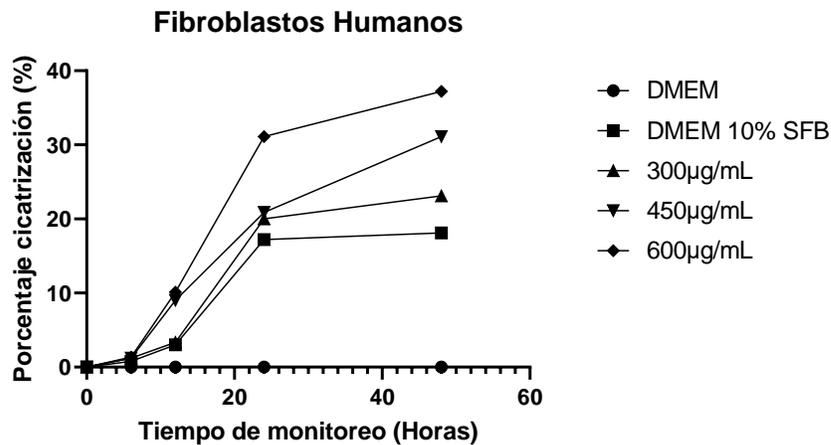


Figura 1. Porcentajes de cicatrización a las diferentes concentraciones del EEP en distintos intervalos de tiempo en fibroblastos humanos.

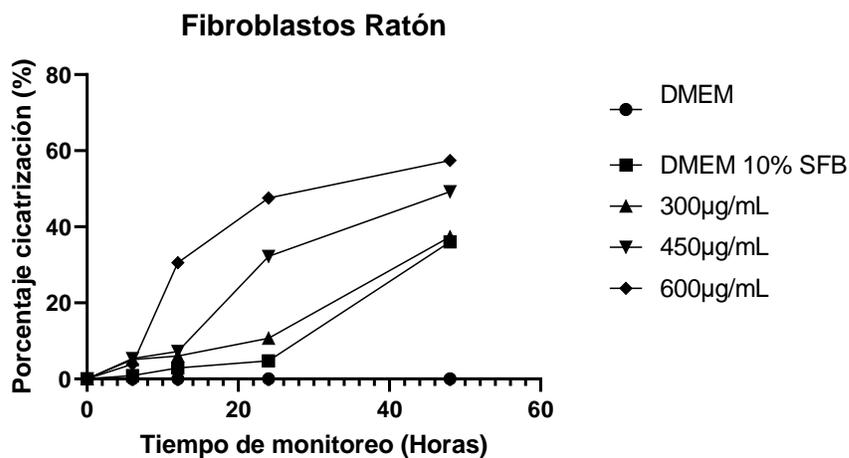


Figura 2. Porcentajes de cicatrización a las diferentes concentraciones del EEP en distintos intervalos de tiempo en fibroblastos de ratón.

## Conclusiones

Los niveles de polifenoles presentes, así como la actividad antioxidante encontrada en el propóleo puede estar ligado a la aceleración del proceso de cicatrización observado en este estudio. Los niveles bajos de citotoxicidad encontrados muestran al propóleo como alternativa de uso de alta seguridad en diferentes especies. Con esto, el presente estudio mostró *in vitro* el efecto cicatrizante del extracto etanólico de propóleo en fibroblastos de ratón y fibroblastos humanos normales, por lo cual sería interesante realizar una caracterización en el extracto, así como estudios de seguimiento *in vivo*.

## Literatura Citada

- Al-Waili N (2018) Mixing two different propolis samples potentiates their antimicrobial activity and wound healing property: A novel approach in wound healing and infection. *Veterinary World*; 11: 1188-1195.
- Hasan M., Teo R., Nather A. (2015) Negative pressure Wound Healing therapy for management of diabetic foot wounds: a review of the mechanism of action, clinical applications and recent developments. *Diabet. Foot Ankle* 6.
- Rodríguez B. Canales M., Penieres J., Cruz T. (2020). Composición química, propiedades antioxidantes y actividad antimicrobiana de propóleos mexicanos. *Acta Universitaria* 30. 29 pp.
- Karapetsas A., Voulgaridou GP., Konialis M., Tsochantaridis I., Kynigopoulos S., Lambropoulou M., Stavropoulou MI., Stathopoulou K., Aligiannis N., Bozidis P., Goussia A-, Gardikis K, Panayiotidis M., Pappa A. (2019) Propolis Extracts Inhibit UV-Induced Photodamage in Human Experimental In Vitro Skin Models. *Antioxidants*. 8: 125.
- Benavidez LA. (2017) Actividad antioxidante del extracto de propóleos y su incorporación en una formulación cosmética. *Ciencia e investigación*, 20(2):3-8pp.
- Touzani S., Embaslat W., Imtara H., Kmail A., Kadan S., Zaid H., ElArabi I., Badiaa L., Saad B. (2019) In Vitro Evaluation of the Potential Use of Propolis as a Multitarget Therapeutic Product: Physicochemical Properties, Chemical Composition, and Immunomodulatory, Antibacterial, and Anticancer Properties. *BioMed Research International*. 11pp.
- Jacob A., Parolia, A., Pau, F., Davamani A (2015) The effects of Malaysian propolis and Brazilian red propolis on connective tissue fibroblasts in the wound healing process, *BMC Complement. Altern. Med.* 15 (1): 294.

## CARACTERIZACIÓN TÉRMICA Y FENOLÓGICA DE MATERIALES DE NOGAL PECANERO [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] DE MADURACIÓN TEMPRANA

Alondra Gisela Campos Villarreal<sup>1</sup>, Jesús Guadalupe Arreola Avila<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México \*Autor de correspondencia: jgarreola@chapingo.uruz.edu.mx

### Introducción

En México el nogal se distribuye en regiones semiáridas a moderadamente húmedas, en las cuales los inviernos varían considerablemente (Aguilar et al., 2015). Los árboles caducifolios, como el nogal, presentan un período de dormancia durante el invierno (Smith et al, 1992). Para abandonar este estado el nogal requiere acumular cierta cantidad de horas frío. En las variedades Western y Wichita esta cantidad varía de 400 a 550 horas frío con temperaturas inferiores de 7.2 °C (Kuden et al, 2013). Las horas frío reportadas para romper el reposo en Desirable y Mahan es de 500, y de 600 para Stuart (McEachern et al., 1978). En Dodd una selección de nogal, se han determinado hasta 900 horas frío para que termine el estado de dormancia (Smith et al., 1992). Las bajas temperaturas son el principal factor que afecta la dormancia, sin embargo, otros factores como el calor, la intensidad luminosa y días nublados, pueden afectar, en alguna medida, la satisfacción de este fenómeno (Amling y Amling, 1980, Afshari et al., 2009., Kuden et al, 2013).

Los requerimientos de frío de genotipos y temperaturas de cada región son importantes para el establecimiento de la variedad adecuada en la región apropiada (Afshari et al., 2009). Por otro lado, cada especie presenta un rango de temperatura óptimo para su crecimiento, no solo a una temperatura baja, sino a temperaturas elevadas, las cuales pueden variar en cada especie de acuerdo a la región y la estación, a este requerimiento de la planta para su crecimiento se le llama unidades calor. Las cuales pueden proporcionar información sobre los períodos en que ocurren las diferentes etapas de desarrollo de la nuez, lo cual puede permitir tomar decisiones en el manejo del cultivo (Godoy-Ávila, 1996). En algunos árboles caducifolios diferentes tejidos y métodos han sido usados para determinar las necesidades de frío y calor (Afshari et al., 2009). En México el método propuesto por Da Mota, (1957) ha sido el más propicio para determinar las horas frío.

La determinación de horas frío y unidades calor para nogal con potencial agronómico y comercial es necesariamente importante. A través de esta estrategia, podría ser posible establecer los genotipos apropiados en áreas con condiciones de frío requerido por esta especie. Estos estudios sobre requerimientos de frío y calor en nogal no han sido ampliamente evaluados en México. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar los requerimientos de frío para terminar la dormancia y las unidades calor en dos selecciones de maduración temprana y una variedad introducida de Estados Unidos.

## Materiales y Métodos

Se colectaron varetas de un año de edad justo después de inicios de la defoliación (noviembre, 20). Se colocaron en cámara bioclimática a temperatura constante de 7 °C y radiación diurna de 10 horas durante 200, 250, 300, 350, 400, 450 y 500 y 550 horas. Las varetas fueron transferidas al invernadero, una vez acumuladas las horas frío de acuerdo a los tratamientos establecidos. Los datos de requerimientos de frío fueron analizados considerando un diseño completamente el azar, con cinco repeticiones. De manera complementaria se determinaron las unidades calor en el área donde se desarrollan los árboles las cuales se relacionaron con su fenología determinada in situ. El cálculo de las horas frío se determinó utilizando el Método Da Mota (1957).

## Resultados y Discusión

En condiciones de campo, se estimó un requerimiento de 300 horas frío durante el invierno 2017-2018, utilizando el Método Da Mota (1957). La brotación en los materiales Nazas I y Nazas II ocurrió el 2 de marzo y el 24 de febrero respectivamente. El máximo porcentaje de brotación bajo condiciones controladas en Nazas I y Nazas II ocurrió cuando completaron 350 y 300 horas frío respectivamente y para Western 550 horas frío (Figura 1). El requerimiento de horas frío para la brotación, dentro de la nuez, varían según la variedad. Mc Eachern et al., (1978) informaron de 300 a 400 h en cortes de tallos terminales para Mahan, Success, Dersirable y Schley. Smith et al., (1992) reportó 900 horas frío para el material Dodd.

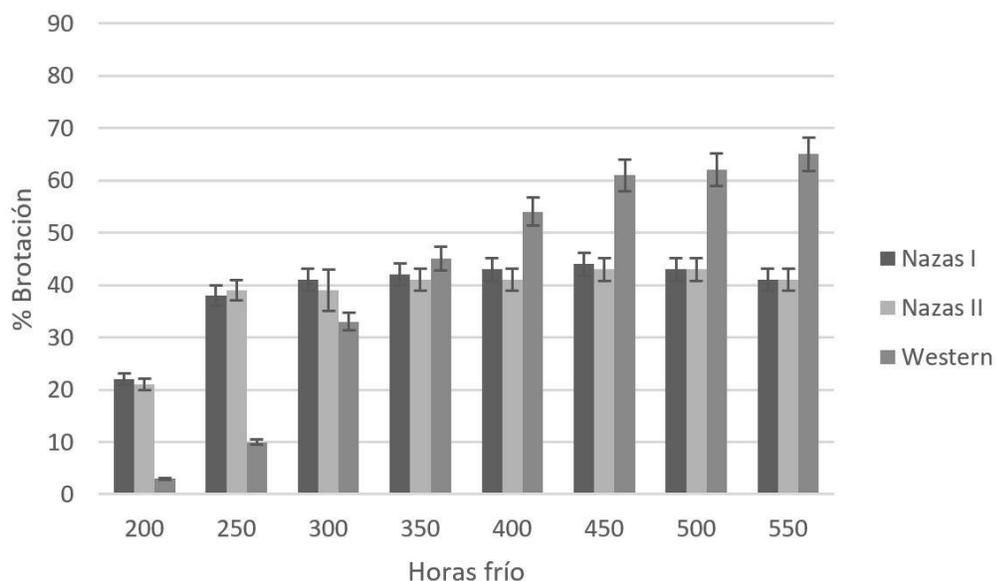


Figura 1. Requerimiento de horas frío y porcentaje de brotación en yemas de corte de un año de los materiales Nazas I, Nazas II y variedad Western. Las líneas verticales indican el error estándar (n = 225).

Los días a brotación en las yemas de corte disminuyeron a medida que aumentaron las horas frío (Figura 2). Se determinaron doce días de brotación máxima para las yemas del material Nazas I, con una duración de 450 horas frío, en comparación con los 2 días observados en Nazas II y los 10 días en Western. En las regiones de invierno cálido, las nueces con un gran requerimiento de horas frío, normalmente empiezan a crecer más tarde que en los árboles con un requerimiento corto de horas frío (Nesbitt, 2002). Esta característica fue confirmada en este estudio, donde la ruptura de la dormancia ocurrió el 24 de febrero y el 2 de marzo para Nazas II y Nazas I respectivamente. El área de Paso Nacional, donde se realizó el estudio, presenta inviernos cálidos con temperaturas fluctuantes, por lo que el bajo requerimiento de frío para romper la dormancia en las selecciones de Nazas I y Nazas II, podría estar relacionado con suficiente calor que permita que los brotes se rompan.

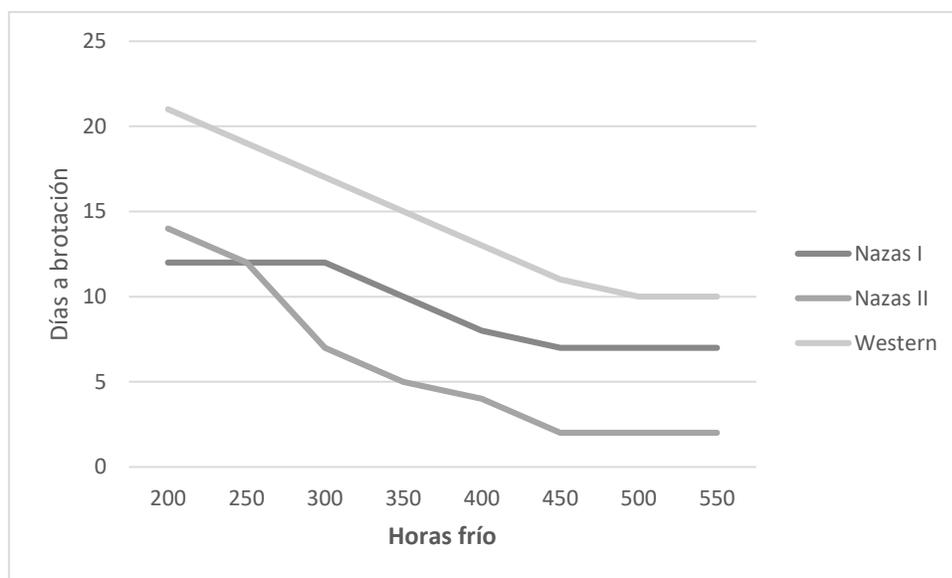


Figura 2. Horas frío y días a brotación en varetas de 1 año de las selecciones Nazas I, Nazas 2 y variedad Western.

La nuez requiere unidades de alta temperatura para brotar (Sparks, 1993, Aslani et al., 2009, Smith et al., 1992, Kuden, et al, 2013). En este estudio, el número de días para la brotación, después de transferir los esquejes al invernadero, fue menor en Nazas I y Nazas II que en Western y que en el observado en la plántula Daddy por Smith et al., (1992). Los porcentajes de brotación para Nazas I y Nazas II fueron de 65.5 y 63.3%, respectivamente. Las yemas de estas variedades recibieron 350 y 300 horas frío. Mientras Western presentó 65% de yemas brotadas, con una necesidad de frío de 550 horas (figura 1). En las selecciones se observó que, a mayor cantidad de frío aplicado, menor número de días para iniciar la brotación. Las selecciones presentaron el inicio de brotación de 20 y 26 días, así como madurez de fruto 60 y 66 días, antes que la observada en Western. Esta es una variedad proveniente de Estados Unidos y es la principal variedad que se cultiva en el norte de México. Las selecciones de Nazas I y Nazas II tienen un potencial económico importante por su precocidad y oportunidad de mercado. Los materiales Nazas I y Nazas II presentaron una fenología anticipada a Western, ya que requieren una menor cantidad de unidades calor para madurez de fruto.

Cuadro 1. Unidades Calor y fenología en dos materiales elite de nogal criollo y en la variedad Western

Etapa Fenológica	Nazas I		Nazas II		Western	
Inicio de Brotación	261	02-mar	212	24-feb	451	22-mar
Crecimiento de Brotes	280	06-mar	244	28-feb	512	27-mar
Floración	602	05-abr	551	28-mar	730	15-abr
Inicio de Desarrollo de Fruto	755	17-abr	653	09-abr	1029	07-may
Estado Acuso y Crecimiento de Nuez	792	20-abr	690	12-abr	1105	12-may
Endurecimiento de la Cáscara y Llenado de Almendra	1177	17-may	1044	08-may	2541	30-jul
Apertura de Ruezno	2171	11-jul	2064	05-jul	3294	11-sep
Caída de la Nuez	2939	21-ago	2811	14-ago	3726	10-oct

## Conclusiones

Las selecciones Nazas I y Nazas II requirieron 350 y 300 horas frío para salir del reposo, mientras que Western requirió 550 horas frío. El inicio de brotación en Nazas I, Nazas II y Western ocurrió cuando se acumularon 261, 212 y 461 unidades calor respectivamente. Por lo que las selecciones de Nazas I y Nazas II tienen un potencial económico importante por su precocidad y oportunidad de mercado ya que su fruto se puede cosechar desde el mes de agosto.

## Literatura Citada

- Aguilar, P. H. Arreola, A. J., Morales, O. E., Lagarda, M. A., Tarango, R. Nuñez, M. H. 2015. 'Norteña pecan'. *HortScience*. 50(9):1399-1400.
- Afshari, H; Tajabadipour, A; Hokmabadi, H. and Moghadam, M. 2009. Determining the chilling requirements of four Pistachio cultivars in Semnan province (Iran) *Afr. J. of Agr. Res.* Vol. 4 (2), pp. 055-059.
- Amling, H.J. and Amling, K.A. 1980. Onset, intensity, and dissipation of rest in several pecan cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:536-540.
- Aslani, A. A.; Vahdati, K. and Rahemi, M. 2009. Estimation of chilling and heat requirements of some persian walnut cultivars and genotypes. *HortScience* 44(3):697-701.
- Da Mota, F.S. 1957. Os invernos em relacao os exigencias das arvores frutiferas de folha caducas. *Inst. Agr. do Sul. Bol. Tec.* No. 18. 38 p.
- Godoy-Ávila, C. 1996. Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero ("Carya illinoensis" K) Cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días. *ITEA. Producción vegetal* Vol. 92V N.º 2, 49-57.
- Mc Eachern, G.R., Wolstenholme, B. N., and Storey, J. B. 1978. Chilling requirements of three pecan cultivars. *HortScience* 13:694.
- Nesbitt, M. 2002. The pecan tree in Winter. *Ecan South*. 34(12):4-5.
- Smith, M. W., Becky, L.C. and Becky, S., 1992. Chilling Requirement of Pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(5):745-748.
- Sparks, D. 1993. Chilling and Heating Model for Pecan Budbreak. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(1):29-35.

## COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.) PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.), EN EL SURESTE DE COAHUILA

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

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

### Introducción

Las gramíneas y leguminosas forrajeras son la base de la alimentación en sistemas de producción en pastoreo. Estas especies forrajeras son importantes en los sistemas de producción animal sostenible, ya que, son la base de la alimentación de rumiante y no rumiantes en pastoreo (Rojas *et al.*, 2016). El pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico o raigrás perenne (*Lolium perenne* L.), así como leguminosas, como el trébol blanco (*Trifolium repens* L.), son las gramíneas más utilizadas en este tipo de sistemas. Hay estudios que reportan el efecto de la defoliación y aprovechamiento de los forrajes para la adecuada utilización de una pradera pura o mixta (Velasco *et al.*, 2001; Da Silva *et al.*, 2010). Por esto se requiere de conocer la dinámica de crecimiento de las especies presentes, dado que, la producción de biomasa estacional y anual es muy variable y se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que experimentan las gramíneas y leguminosas en un momento dado (Durand *et al.*, 1999). En estudios con gramíneas y leguminosas, y se ha demostrado que los mayores rendimientos de materia seca se presentan, en la estación de primavera-verano, aunque los resultados no siempre son consistentes debido a factores edafo-climáticos (Rojas *et al.*, 2016). Por lo anterior, 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.

### Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la estación de verano del 2021. El sitio experimental se ubica al sur de Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas 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", que contienen condiciones de suelo migajón arcilloso arenoso con un pH de 7.3 y un clima templado semiseco que tiene una clasificación de Cfb por el sistema Köppen-Geiger y una precipitación anual de alrededor de 400 mm (García, 2004). El experimento 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 kg ha<sup>-1</sup> TB, 20 kg ha<sup>-1</sup> PO y 10 kg ha<sup>-1</sup> BP.

La siembra se realizó el 19 de febrero de 2021. El área experimental fue de 448 m<sup>2</sup>, la cual fue dividida en nueve parcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m). Se aplicaron riego cada 15 días en época de estiaje, a capacidad de campo, con sistema de riego por goteo con cintilla de calibre 6000. El experimento se inició el 21 de junio (Inicio de la estación de verano), con un corte uniformización a 5 cm sobre el suelo cuando la pradera tenía 119 Días Después de la Siembra. Los tratamientos correspondieron a los cultivares, se distribuyeron aleatoriamente en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. 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) y Composición Botánica y Morfológica (CBM). Los muestreos se llevaron a cabo en la estación de verano del 2021 a un intervalo de corte de 28 d.

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 y 2, se presentan los componentes morfológicos y botánicos que componen una pradera de trébol blanco (TB), pasto ovillo (PO) y ballico perenne (BP), y su aportación al rendimiento total de cada cultivar. El mayor rendimiento lo presentó el ballico BP con 2,722 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras el menor el trébol blanco (TB) y pasto ovillo (PO), con promedio de 2,275 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $p < 0.05$ ).

En promedio la hoja fue el componente que más aporte hizo al rendimiento con 1,305 kg MS ha<sup>-1</sup>, en un 55 % de aportación (Cuadro 2) y en el caso del peciolo y estolón, estos solo se presentaron en el TB, por ser una leguminosa y de crecimiento rastrero tampoco presentó tallo al ser cosechado a una altura de cinco cm sobre el nivel del suelo. La mayor cantidad de tallo se presentó en el BP con 685 kg MS ha<sup>-1</sup>, en porcentaje de aporte del 23 %. En el material muerto, tanto en rendimiento y como en porcentaje de aportación no hubo diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) con un promedio de 388 kg MS ha<sup>-1</sup> (13 %; Cuadro 2). Para la inflorescencia solo se presentó en el BP con 527 kg MS ha<sup>-1</sup>, en un 22 %, lo que muestra una mayor precocidad respecto a PO y TB, por el contrario, la maleza se registró en mayor cantidad en el TB con 1,181 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por el BP y PO, lo que muestra que el TB está en un proceso de establecimiento, ya que representó un 48 % de aportación al rendimiento total (Cuadro 2).

De acuerdo Rojas *et al.* (2016), conforme avanza la edad de las praderas se presentan cambios en la dominancia de especies, siendo el trébol blanco la que domina en otoño-invierno y el pasto ovillo durante primavera-verano. No obstante resultados reportados por Moreno *et al.* (2015) donde en las estaciones de otoño e invierno encontraron el aporte mayor de trébol blanco al rendimiento, respecto al pasto ovillo y ballico perenne. Esto se puede atribuir al hábito de crecimiento estolonífero del trébol blanco (Brock *et al.*, 2000), lo que le permitió ocupar los espacios dejados por las otras especies, particularmente en las praderas con porcentajes altos de ballico perenne.

Cuadro 1. Componentes botánicos y morfológicos (kg MS ha<sup>-1</sup>) y su aportación al rendimiento total de forraje de trébol blanco (TB), pasto ovillo (PO) y ballico perenne (BP) cosechados a cuatro semanas (28 d) en el sureste de Coahuila.

Cultivar	Componentes botánico-morfológicos (kg MS ha <sup>-1</sup> )							Total	EEM
	Hoja	Peciolo	Estolón	Tallo	MM	Inflor.	Maleza		
TB	755 <sup>Bb</sup>	170 <sup>Ac</sup>	14 <sup>Ad</sup>	0 <sup>Ce</sup>	207 <sup>Ac</sup>	0 <sup>Be</sup>	1181 <sup>Aa</sup>	2329 <sup>B</sup>	440
PO	1651 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bb</sup>	0 <sup>Be</sup>	82 <sup>Bc</sup>	486 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Be</sup>	2 <sup>Cd</sup>	2222 <sup>B</sup>	203
BP	1040 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bd</sup>	0 <sup>Bd</sup>	685 <sup>Aab</sup>	408 <sup>Abc</sup>	527 <sup>Abc</sup>	59 <sup>Bc</sup>	2722 <sup>A</sup>	278
Prom.	1305 <sup>a</sup>	56 <sup>d</sup>	4 <sup>e</sup>	318 <sup>b</sup>	388 <sup>b</sup>	236 <sup>c</sup>	414 <sup>b</sup>	2724	303
EEM	717	81	14	241	302	210	429	838	

Misma letra minúscula en cada fila y misma letra mayúscula en cada columna no son diferentes estadísticamente (Tukey; p>0.05). Error Estándar de Media (EEM). Infl. = Inflorescencia. Prom = Promedio.

Cuadro 2. Componentes botánicos y morfológicos expresados en porcentaje (%) de aportación al rendimiento total de forraje en trébol blanco (TB), pasto ovillo (PO) y ballico perenne (BP), cosechados durante la estación de verano a un intervalo de corte de cuatro semanas, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Componentes botánico-morfológicos (%)							Total	EEM
	Hoja	Peciolo	Estolón	Tallo	MM	Inflor.	Maleza		
TB	35 <sup>Ba</sup>	6 <sup>Ab</sup>	0.3 <sup>Abc</sup>	0 <sup>Ca</sup>	11 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Bc</sup>	48 <sup>Aa</sup>	100	17
PO	79 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	2 <sup>Bbc</sup>	17 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0 <sup>Cc</sup>	100	5
BP	40 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Bd</sup>	0 <sup>Bd</sup>	23 <sup>Ab</sup>	12 <sup>Abc</sup>	22 <sup>Ab</sup>	2 <sup>Bc</sup>	100	4
Prom.	55 <sup>a</sup>	2 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	8 <sup>bc</sup>	13 <sup>b</sup>	7 <sup>bc</sup>	17 <sup>b</sup>		11
EEM	17	2	0.3	1	7	5	18		

Misma letra minúscula en cada fila y misma letra mayúscula en cada columna no son diferentes estadísticamente (Tukey; p>0.05). Error Estándar de Media (EEM). Infl. = Inflorescencia. Prom = Promedio.

## Conclusión

En conclusión, el pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) mostró mejor comportamiento productivo, respecto al trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), con mayor producción de forraje y hoja, durante la estación de verano.

## Literatura Citada

- Brock J.L.; Tilbrook, C.J. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43(1): 335-343.
- Da Silva, S.C.; Hernández-Garay, A. 2010. Manejo de pastoreo en praderas tropicales. Forrajes y su impacto en el Trópico. 1era (ed). México. Universidad Autónoma de Chiapas, México p. 43-62.
- 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. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0864>
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4 (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.

- Moreno, C.M.A.; Hernández-Garay, A.; Vaquera, H.H.; Trejo, L.C.; Escalante, E.J.A.; Zaragoza, R.J.L.; Joaquín, T.B.M. 2015. Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1): 101-108.
- Rojas, G.A.R., Hernández, G.A., Ayala, W; Mendoza, P.S.I, Cancino, S.J, Vaquera, H.H, Santiago O.M.A. 2016. Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovilla (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(2), 57-68.
- Velasco, Z. M. E.; Hernández, G. A.; González, H. V. A.; Pérez, P. J.; Vaquera, H. H. y Galvis, S. A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 39(001):1-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61339101>

## CALIDAD DE CALOSTRO E INMUNIDAD PASIVA EN NEONATOS INCREMENTA CON EL NÚMERO DE PARTOS DE LA MADRE

Andrea García-Mendoza, Francisco J. Almendarez-Navarro, Delia X. Vega-Manríquez,  
Juan M. Vázquez-García, Luisa E. Hernández-Arteaga, Marco A. Rivas-Jacobo,  
Dulce M. Villareal Rostro, César A. Rosales-Nieto\*

Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México. \*Correspondencia: César A. Rosales-Nieto (cesar.rosales@uaslp.mx)

### Resumen

El calostro es de vital importancia para el recién nacido debido al aporte nutricional y protección inmunitaria que los protegerá en los primeros meses de vida. Un calostro de excelente calidad nutricional garantiza la sobrevivencia neonatal. Diferentes factores influyen la calidad del calostro, particularmente la manejo pre-parto, genética, edad de la madre y nutrición entre otros. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre el número de parto de la madre con la calidad del calostro. Se utilizaron 30 vacas Holstein con diferente número de partos al parto y sus respectivas crías, las cuales se fueron distribuidas en tres tratamientos: 10 vacas primerizas (TRT-1); 10 vacas de segundo parto (TRT-2); y 10 vacas de tercer parto (TRT-3). Al nacimiento, se obtuvo una muestra de calostro y se determinó la calidad de calostro mediante el calostrómetro y método BRIX. Adicionalmente se determinó la cantidad de inmunoglobulinas presentes en las crías al nacimiento y posterior a la toma del calostro mediante una muestra sanguínea. La calidad del calostro mediante el calostrómetro indica  $73.5 \pm 4.0$  para las hembras del TRT-1,  $82.8 \pm 2.9$  kg para las hembras del TRT-2 y  $87.9 \pm 3.3$  kg para las hembras del TRT-3. La calidad del calostro mediante el calostrómetro difirió entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). La calidad del calostro mediante el brix indica  $23.0 \pm 0.8$  para las hembras del TRT-1,  $25.1 \pm 0.6$  kg para las hembras del TRT-2 y  $26.1 \pm 0.7$  kg para las hembras del TRT-3. La calidad del calostro mediante el brix difirió entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 0 horas de nacido fue  $2.2 \pm 0.01$  para las crías del TRT-1,  $2.2 \pm 0.02$  para las crías del TRT-2 y  $2.1 \pm 0.02$  para las crías del TRT-3. La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 0 horas no difirió entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 48 horas de nacido fue  $5.0 \pm 1.0$  para las crías del TRT-1,  $4.4 \pm 0.6$  para las crías del TRT-2 y  $7.8 \pm 1.2$  para las crías del TRT-3. La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 48 horas de nacido difirió entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). Se concluye que el número de parto de la madre influye sobre la calidad de calostro y la transferencia inmunológica en los neonatos. Por lo que se recomienda almacenar y proporcionar calostro de vacas de 3er parto.

## Introducción

El calostro es la acumulación de secreciones lácteas en la glándula mamaria en las últimas semanas de la gestación, bajo la influencia de los estrógenos y la progesterona (Puppel et al., 2019). Los neonatos requieren de asistencia inmune pasiva que son anticuerpos y linfocitos específicamente sensibilizados contra la mayoría de microorganismos de su entorno la cual es transferida por la madre a través del calostro hasta que el neonato desarrolla su inmunidad activa (Balan et al., 2019). La composición del calostro varía ampliamente debido a diversos factores que incluyen la historia clínica de la vaca, el volumen producido, la época del año, el manejo pre-parto, y la raza, entre otros (Chuck et al., 2017). La calidad de calostro está relacionada con la cantidad de inmunoglobulinas G presentes y existe una serie de métodos para determinar la concentración de inmunoglobulinas de los calostros. El calostrómetro es un instrumento hidrométrico que relaciona la densidad específica del calostro y la concentración de inmunoglobulinas a través de la flotabilidad del instrumento en el calostro. El refractómetro es un instrumento portátil que funciona midiendo la cantidad de luz que se refracta al traspasar una muestra de líquido. Mientras mayor sea la concentración de IgG en el calostro, mayor va a ser la refracción de la trayectoria de la luz. La calidad del calostro puede impactar positiva o negativamente el desarrollo del recién nacido y una reducida 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). De tal manera que la hipótesis del presente trabajo fue que los becerros alimentados con calostro de vacas multíparas presentan mayor ganancia de peso y desarrollo al destete que los becerros alimentados con calostro de vacas primíparas.

## Materiales y Métodos

### *Lugar, Animales y Tratamientos*

El experimento se realizó en el Establo “Rincón del Paraíso” ubicado en el municipio de San Felipe, Guanajuato. El municipio de San Felipe cuenta con una altura de 2080 metros sobre el nivel del mar. El clima es semiárido y templado, estación invernal definida. La temperatura media anual es de 16.7 °C, la mayor temperatura registrada ha sido de 36.4 °C, y la mínima de 0 °C. Se utilizaron 30 vacas Holstein con su cría (n = 30), seleccionadas en base a su peso corporal y al número de lactancias. La Unidad de Producción cuenta con los registros productivos y reproductivos de las hembras, de tal manera que quedaron tres tratamientos 10 vacas de 1er parto (TRT 1), 10 vacas de 2do parto (TRT 2) y 10 vacas de 3er parto (TRT 3). Las vacas próximas al parto se les permite realizarlo en el corral y sin intervención del personal. Al nacimiento, se permite el contacto entre la madre y la cría por un periodo de 10 minutos para fomentar el vínculo madre-cría. Posteriormente la cría es separada de la madre, y la madre se lleva al ordeño para recuperar el calostro. Se obtuvo una muestra de 250 ml. de calostro para medir y evaluar su calidad y obtener la concentración de inmunoglobulinas presentes. Al nacimiento, se desinfecta el ombligo de la cría y la primera toma de calostro se da dentro de las primeras 2 horas de vida proporcionando 10% de su peso vivo.

A todas las vacas; en el periodo seco de 40 días se proporcionó una alimentación baja en almidones y proteína con forraje de mantenimiento; posteriormente a los 21 días antes de la fecha probable de parto, se alimentaron con una dieta rica en más proteína y almidones compuesta por una tercera parte de concentrado y dos 2 terceras partes de forrajes; esta misma dieta se les proporciona después del parto.

#### *Calidad de Calostro*

La calidad del calostro se determinó mediante el calostrómetro y refractómetro brix. El calostrómetro se colocó en un recipiente con 250 ml de calostro recién ordeñado de la vaca parida, asegurándose de que el calostro no tuviera espuma encima. El calostrómetro flotara en base a la calidad del calostro. La interpretación de la calidad fue en base al color que indicaba el calostrómetro considerando el siguiente rango: verde (50 – 140 mg de Ig/mL), amarillo (20 – 50 mg de Ig/mL) y rojo (< 20 mg de Ig/mL). Para el refractómetro brix, se colocó una gota de calostro en el refractómetro, leyéndolo hacia la luz y obteniendo el resultado. La interpretación de la calidad fue en base al color que indicaba el calostrómetro considerando el siguiente rango: verde (grados brix rango 25-32 y densidad rango 82-115), amarillo (grados brix rango 19-23 y densidad rango 54-73) y rojo (grados brix rango 14-18 y densidad rango 31-49).

#### *Inmunidad Pasiva*

Con el fin de determinar grado de transferencia de la inmunidad pasiva en los becerros, se obtuvieron muestras de sangre (6 ml) en tubos heparinizados vía yugular cuando los becerros tenían 10 minutos de haber nacido y a las 48 horas de edad. Las muestras fueron colocadas inmediatamente en hielo y centrifugadas a 2000 x g por 20 min permitiendo que la plasma pudiera ser obtenida. Posteriormente la plasma fue congelada hasta su análisis a -20°C. El plasma obtenido de las muestras de sangre fue evaluado con el refractómetro Brix para conocer la cantidad de inmunoglobulinas presentes. Esto se realizó extrayendo el suero con una pipeta y se posicionó en el refractómetro, el cual, se puso a la luz y se leyó la cantidad de proteínas presentes en el suero sanguíneo de cada becerro y se determinó el resultado (Cuadro 1).

Cuadro 1. La cantidad de proteínas presentes en el suero sanguíneo

Concentración proteica	Nivel de inmunidad	
< 4.9 gr/dl	Alto riesgo	
5.0 a 5.4 gr/dl	Riesgo medio	
5.5 a 6.9 gr/dl	Bajo riesgo	
CALIDAD	°BRIX	IgG gr/L
MALA	5.7-7-6	2.2
	7.7-8	2.4- 4.4
REGULAR	8.1-8-5	5.5-6.6
	8.6- 8.9	7.7 a 8.9
BUENA	9.3- 9.9	11.4-14
	10-10.4	14.1-16-6
	10.5-10.8	17.7-19-7

### *Análisis de Datos*

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). La calidad del calostro (Calostrometro y Brix) y la inmunidad pasiva (0 y 48 horas) se analizó mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue tratamiento. El peso al nacimiento de la progenie y sexo fueron incluidos de forma independiente como co-variables.

## **Resultados y Discusión**

### *Calidad de Calostro*

La calidad del calostro mediante el calostrómetro indica  $73.5 \pm 4.0$  para las hembras del TRT-1,  $82.8 \pm 2.9$  kg para las hembras del TRT-2 y  $87.9 \pm 3.3$  kg para las hembras del TRT-3. La calidad del calostro mediante el calostrómetro difirió entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). La calidad del calostro mediante el brix indica  $23.0 \pm 0.8$  para las hembras del TRT-1,  $25.1 \pm 0.6$  kg para las hembras del TRT-2 y  $26.1 \pm 0.7$  kg para las hembras del TRT-3. La calidad del calostro mediante el brix difirió entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

Se ha reportado que la cantidad y calidad del calostro y leche pueden ser influenciados por la edad de la madre, la raza y la época de parto (Gullisken et al., 2008; Shivley et al., 2018). Nuestros resultados demuestran que las vacas de tercer parto produjeron calostro de mejor calidad. Estos resultados coinciden con otros autores que concluyen que el porcentaje de anticuerpos es mayor en vacas de tercer parto y reducido en hembras de primer parto (Devery-Pocius y Larson, 1983; Chuck et al., 2017). Es importante considerar que al avanzar la edad de la madre se incrementa la producción de calostro y leche y existe un factor de dilución en donde a medida que incrementa la producción se reduce la concentración de nutrientes (Flores-Najera et al., 2020; 2021).

### *Inmunidad Pasiva*

La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 0 horas de nacido fue  $2.2 \pm 0.01$  para las crías del TRT-1,  $2.2 \pm 0.02$  para las crías del TRT-2 y  $2.1 \pm 0.02$  para las crías del TRT-3. La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 0 horas no difirió entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 48 horas de nacido fue  $5.0 \pm 1.0$  para las crías del TRT-1,  $4.4 \pm 0.6$  para las crías del TRT-2 y  $7.8 \pm 1.2$  para las crías del TRT-3. La concentración de inmunoglobulinas en plasma sanguíneo a las 48 horas de nacido difirió entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). La mayor concentración de inmunoglobulinas se encontró en las crías de vacas de tercer parto, lo que representa que a mayor densidad de calostro mayor será la concentración de inmunoglobulinas lo que coincide con Fleenor y Stoot (1980) y con Morin (2001) los que concluyeron que la densidad es un indicativo de la calidad del calostro.

## Conclusión

En conclusión, se determina que el número de parto de la vaca influye la calidad del calostro y concentración de inmunoglobulinas. Por lo que es prioritario en las producciones almacenar el calostro de las vacas de tercer parto y suministrarlo a las crías de madres de < 2 partos para asegurar la ingesta suficiente de inmunoglobulinas.

## Literatura Citada

- Balan, P., Sik-Han, K., Moughan, P.J., 2019. Impact of oral immunoglobulins on animal health—A review. *Animal Science Journal* 90, 1099-1110
- 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.
- Devery-Pocius, J.E., Larson, B.L., 1983. Age and Previous Lactations as Factors in the Amount of Bovine Colostral Immunoglobulins<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 66, 221-226.
- Fleenor, W.A., Stott, G.H., 1980. Hydrometer Test for Estimation of Immunoglobulin Concentration in Bovine Colostrum<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 63, 973-977.
- Flores-Najera, M.J., Vélez-Monroy, L.I., Sánchez-Duarte, J.I., Cuevas-Reyes, V., Mellado, M., Rosales-Nieto, C.A., 2020. Milk yield and composition and body weight of offsprings of mixed-breed goats on semi-arid rangelands with different rainfall. *Tropical Animal Health and Production* 52, 3799-3808.
- 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.
- Gulliksen, S.M., Lie, K.I., Sølverød, L., Østerås, O., 2008. Risk Factors Associated with Colostrum Quality in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91, 704-712
- Morin, D.E., Constable, P.D., Maunsell, F.P., McCoy, G.C., 2001. Factors Associated with Colostral Specific Gravity in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 84, 937-943
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, M., Solarczyk, P., Łukasiewicz, M., Balcerak, M., Przystucha, T., 2019. Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals* 9, 1070.
- Shivley, C.B., Lombard, J.E., Urie, N.J., Haines, D.M., Sargent, R., Koprak, C.A., Earleywine, T.J., Olson, J.D., Garry, F.B., 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science* 101, 9185-9198.

## **EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE FRECUENCIAS, SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD ENTRE IELISA Y PAL EN EL DIAGNÓSTICO DE BRUCELOSIS BOVINA EN TANQUE DE LECHE**

Jesús Borrego Jiménez, Aurora Martínez Romero

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Químicas. Av. Artículo 123 s/n Fraccionamiento, Filadelfia, 35010 Gómez Palacio, Durango, México. \*Autor de correspondencia: aurora.martinez@ujed.mx; jesusborrego@gmail.com

### **Introducción**

La brucelosis es una enfermedad infectocontagiosa, aguda o crónica, causada por bacterias del género *Brucella*, este microorganismo no tiene vida libre, por lo tanto, su hábitat son los animales y el hombre, estos patógenos tienen predilección por las vías y órganos reproductores y el sistema linfático. La mayoría de los investigadores opinan que la brucelosis, en especial las infecciones producidas por *Brucella abortus* y *Brucella melitensis*, es de origen europeo y que su presencia en algunos países de América se remonta desde la época de la conquista (Berhe, 2014).

La presencia de brucelosis en el ganado bovino es la causa de abortos, mortinatos y baja producción de leche, nacimiento de terneros débiles que pueden morir a días de su nacimiento, induce la presencia de retención placentaria y consecuente a esto puede ocurrir metritis y esto conlleva al incremento de días abiertos reproductivos de la vaca y estas causas producen pérdida de una lactancia. Después del primer aborto las gestaciones generalmente son normales, sin embargo, las vacas pueden eliminar la bacteria en la leche y en las descargas uterinas (Tom, 2012). Además de constituirse no solo en un problema de sanidad animal sino también en un grave riesgo a la salud humana, al ser una enfermedad zoonótica. Esta enfermedad puede afectar a bovinos de todas las edades, pero persiste con mayor frecuencia en animales sexualmente adultos (Herrera, 2011; Barrionuevo, 2014).

La brucelosis es una enfermedad infectocontagiosa, aguda o crónica, causada por bacterias del género *Brucella*. Este microorganismo no tiene vida libre, por lo tanto, su hábitat son los animales y el hombre, estos patógenos tienen predilección por las vías y órganos reproductores y el sistema linfático. El género *Brucella* comprende 14 especies. Los biotipos se distinguen por características bioquímicas y/o comportamiento frente a sueros específicos y además permiten determinar fuentes de infección. En estudios epidemiológicos realizados en la comarca lagunera se indica, que la brucelosis bovina ha demostrado ser una enfermedad de importancia relevante, tanto por el daño que causa en las explotaciones pecuarias, como por sus repercusiones en la salud pública. Por ello es necesario efectuar trabajos que permitan estimar la magnitud del daño que representa la brucelosis, tanto por las bajas económicas que provoca, como por las limitantes en producción y exportación que se aplican cuando un hato está infectado con *Brucella abortus*.

El diagnóstico de brucelosis en bovinos, se debe realizar en los laboratorios aprobados por la SAGARPA, en muestras de tanque de leche, mediante pruebas inmunológicas, estudios bacteriológicos u otros que sean autorizados por la SAGARPA. Las pruebas inmunológicas establecidas por la Dirección y efectuadas por el personal oficial o aprobado son: para especies lisas la prueba de tarjeta, rivanol, fijación del complemento y prueba de anillo en leche. Por lo que el objetivo del presente proyecto fue diagnosticar brucelosis bovina en tanque de leche con la Prueba Anillo de Leche (PAL) y ELISA Indirecto (iELISA), así el índice de frecuencias para determinar una comparativa entre ambas pruebas para establecer costo beneficio, tiempo de análisis, precisión en los resultados.

## **Materiales y Métodos**

El Tipo de investigación es transversal, analítica, comparativa y observacional. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) Unidad Gómez Palacio, Durango, pertenecientes a la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), y en los laboratorios del Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud Animal (CIDSA) del Comité de Campaña de la Erradicación de la Tuberculosis Bovina y Brucelosis de la Región Lagunera de Coahuila y Durango, Asociación Civil, durante el periodo de agosto del 2020 a julio del 2022. A partir del universo que concierne a todos los bovinos nativos de la Región de La Comarca Lagunera, se seleccionó por casuística a una población de 276 bovinos hembra adultos lecheros de raza Holstein-Friesian de 38 a 48 meses de edad que hubiesen sido inmunizados contra brucelosis sólo por la vacuna RB51 cuya aplicación se haya efectuado en un lapso  $\geq 12$  meses; los cuales fueron provenientes de hatos con antecedentes conocidos por el CIDSA libres de brucelosis.

El muestreo fue por conveniencia y consecutivo del ganado de establos de la Comarca Lagunera y tanques enfriadores de leche en conjunto para muestreo. La recolección de muestras fue llevada a cabo por personal capacitado y validado por el Comité de Campaña de la Erradicación de la Tuberculosis Bovina y Brucelosis de la Región Laguna de Coahuila y Durango, Asociación Civil. Los aspectos ético-legales referentes a la protección animal se consideran según la NORMA Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995, la brucelosis puede ser diagnosticada en muestras de leche y en suero de leche con la prueba Anillo en leche (PAL), cuyo diagnóstico se confirma con el Ensayo enzimoimmunoanálisis indirecto (iELISA), análisis que ha sido estandarizado para muestras de leche confirmando la enfermedad clínica (Moreira-Zúñiga, 2017; Nawaz *et al.*, 2021).

## **Resultados y Discusión**

Los resultados obtenidos con la técnica PAL de un total de 276 muestras se observan en la Figura 1 y los de la prueba iELISA en la Figura 2 se tienen 77 negativos y 15 positivos y 4 control de la placa 1 con un total de 96 muestras; en la Figura 3 se tienen 86 negativos y 6 positivos y 4 control de la placa 2 con un total de 96 muestras; y en la Figura 4 se tienen 83 negativos y 9 positivos y 4 control de la placa 3 con un total de 96 muestras.

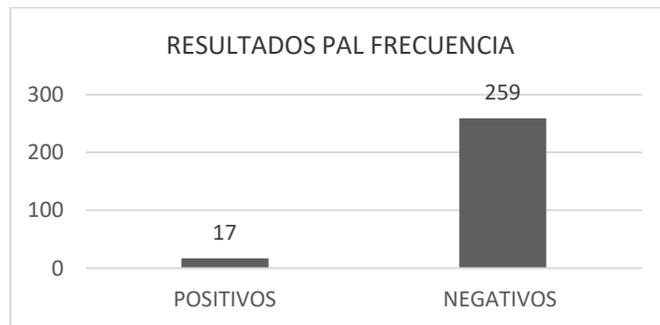


Figura 1. Frecuencias de los resultados de la prueba de PAL.

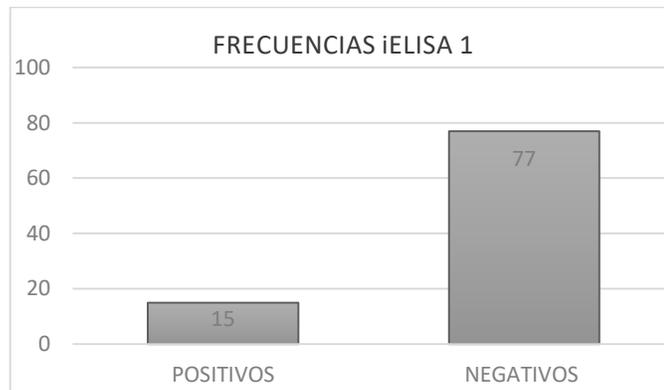


Figura 2. Frecuencias de los resultados de la prueba iELISA de la placa 1.

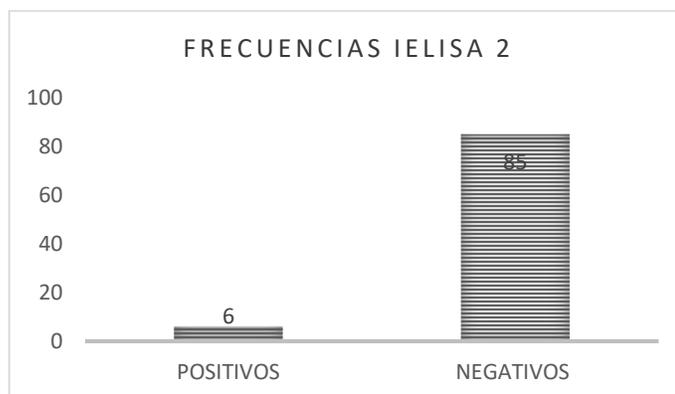


Figura 3. Frecuencias de los resultados de la prueba iELISA de la placa 2.

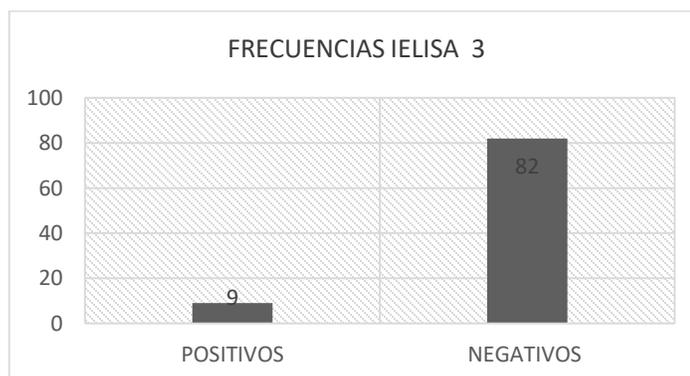


Figura 4. Frecuencias de los resultados de la prueba iELISA de la placa 3.

En una muestra de 1 a 100 bovinos se obtuvo una sensibilidad relativa de 73,7% para el método PAL y de 77,8% para el método iELISA, la especificidad relativa para PAL fue de 94,8% y para iELISA-i de 93,7%. En una muestra de 101 a 200 bovinos se obtuvo una sensibilidad relativa de 90,9% para el método PAL y de 100% para iELISA, la especificidad relativa para PAL fue de 100% y para iELISA-i de 95%. En una muestra mayor a 201 bovinos se obtuvo una sensibilidad relativa de 100% para el método PAL y de 60% para iELISA, la especificidad relativa para PAL fue de 91.3% y para iELISA de 100%. En este experimento se tiene un mayor porcentaje de detección 82.8% a *Brucella abortus* en las muestras analizadas por medio de iELISA que con las muestras analizadas con PAL 46.92% (Tabla 1).

Tabla 1. Sensibilidad de PAL y iELISA.

Totales acumulados			
Prueba	PAL	iELISA	Cálculos:
Positivos	17	30	IELISA=30*276/100= 82.8%
Negativos	259	246	PAL= 17*276/100= 46.92%
Total	276	276	

Tabla 2. Matriz de decisiones o tabla de 2\*2 PAL.

Enfermos	Sanos	Total	
a) 17 POS	b) 120 NEG	137 e	Prevalencia = g/n P= 41/276= 14.85%
c) 24 FP	d) 115 FN	139 f	Sensibilidad = a/g =17/41= 41.46%
g) 41	h) 235	276 (n)	Especificidad = d/h =115/235= 48.93%

Tabla 3. Matriz de decisiones o tabla de 2\*2 iELISA.

Enfermos	Sanos	Total	
a) 30 Pos	b) 190 Neg	220 e	Prevalencia = g/n P= 39/237= 16.45%
c) 9 FP	d) 47 FN	56 f	Sensibilidad = a/g =30/39 =76.92%
g) 39	h) 237	276 (n)	Especificidad = d/h = 47/237= 19.83%

Con el propósito de hacer entendibles las diferentes características operativas de las pruebas diagnósticas es importante descomponer los diferentes constituyentes de la tabla 2\*2 (Tabla 2 y 3); o también denominada Matriz de Decisiones. Esta matriz está constituida por dos elementos: 1) El estado "real" de la condición presentada en forma de un desenlace dicotómico; tener o no tener la enfermedad y, 2) Un resultado de la prueba de laboratorio también dicotómico; positiva o negativa (Sierra-Arango 2003).

## Conclusiones

Se concluye que el índice de frecuencias para determinar una comparativa entre ambas pruebas para determinar costo beneficio, entre PAL y iELISA, tiempo de análisis la PAL es más específica 48.93% que la prueba iELISA 19.83% y adicionalmente la prueba iELISA es más sensible 76.92% que PAL 14.85% para diagnosticar brucelosis bovina en tanque de leche. Se deduce que la prueba iELISA presento más frecuencias positivas, por lo que es una prueba más sensible que la PAL. Sin embargo, PAL es más rápida de realizar y es menos costosa que iELISA.

## Literatura Citada

- Barrionuevo L. (2014). Control y erradicación de *Brucella abortus* en establos lecheros. Lima, Perú: Editorial Tompson.
- Berhe, G., Belihu, K., & Asfaw, Y. (2014). Seroepidemiological Investigation of *bovine Brucellosis* in the extensive cattle production system of Tigray region of Ethiopia. *Intern J Appl Res Vet Med.* 5(2):65-71.
- Herrera, E., Hernández, L., Palomares, G., Díaz, E. (2011). Study of *Brucellosis* incidence in a bovine dairy farm infected with *Brucella abortus*, where cattle was revaccinated with RB51. *International Journal of Dairy Science.* 2suppl1:50-57.
- Moreira-Zúñiga, R. B. 2017. Concordancia entre la prueba del Anillo en Leche y ELISA indirecto en el diagnóstico de brucelosis bovina. *Rev Med Vet.* 33: 93-101.
- Nawaz, M., Khan, I., Shakeell, M., Yousaf, A., Naseer, Z., Munibullah. Zohaib, A., Hussain, R., Ullah, Q. 2021. Bovine and Caprine *Brucellosis* Detected by Milk Indirect ELISA and Milk Ring Test in Islamabad Capital Territory, Pakistan. *J Zool.* 1-4.
- NOM. 1995. NORMA Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995, Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106184/NOM-041-ZOO-1995.pdf>
- Sierra-Arango, Fernando. (2003). La sensibilidad y especificidad: entendiendo su origen y utilidad real.... *Revista colombiana de Gastroenterología,* 18(3), 180-182. Retrieved October 13, 2021, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99572003000300012&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99572003000300012&lng=en&tlng=es).
- Tom, V., González, M., & Mattar, S. (2012). Seroprevalencia de *Brucella abortus* en Argentina. *Revista U.D.C.A A.* Pág. 45.

## **PESO AL NACIMIENTO Y DESARROLLO POSTNATAL INCREMENTA CON EL NÚMERO DE PARTO DE LA MADRE**

Andrea García-Mendoza, Francisco J. Almendarez-Navarro, Delia X. Vega-Manríquez,  
Juan M. Vázquez-García, Luisa E. Hernández-Arteaga, Marco A. Rivas-Jacobo,  
Dulce M. Villareal Rostro, César A. Rosales-Nieto\*

Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78321, México. \*Autor de Correspondencia: cesar.rosales@uaslp.mx

### **Resumen**

En el presente estudio se investigó el impacto del número de partos de la madre en relación con el peso al nacimiento, ganancia de peso diaria y peso al destete de la progenie. Se utilizaron 30 vacas Holstein con diferente número de partos y sus respectivas crías, las cuales se fueron distribuidas en tres tratamientos: 10 vacas primerizas (TRT-1); 10 vacas de segundo parto (TRT-2); y 10 vacas de tercer parto (TRT-3). Al nacimiento se registró el sexo, peso, y el tipo de parto. Tres meses después se determinó el peso al destete. El peso al nacimiento fue  $33 \pm 0.9$  kg para las crías del TRT-1,  $38.1 \pm 2.5$  kg para las crías del TRT-2 y  $38.3 \pm 1.4$  kg para las crías del TRT-3. El peso al nacimiento tendió a diferir entre tratamientos ( $P = 0.07$ ). La ganancia de peso diaria fue  $550 \pm 25$  gr/día para las crías del TRT-1,  $515 \pm 46$  gr/día para las crías del TRT-2 y  $496 \pm 23$  gr/día para las crías del TRT-3. La ganancia de peso diaria no difirió entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). El peso al destete fue  $82.4 \pm 2.7$  kg para las crías del TRT-1,  $84.9 \pm 3.7$  kg para las crías del TRT-2 y  $82.5 \pm 2.6$  kg para las crías del TRT-3. El peso al destete no difirió entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Un buen desarrollo postnatal implica un inicio temprano de la pubertad y mayor eficiencia reproductiva de las hembras en su primer empadre. Se concluye que el número de parto de la madre influye sobre el peso al nacimiento, pero no sobre la ganancia de peso diaria y peso al destete.

### **Introducción**

En el último tercio de la gestación la demanda de nutrientes maternos se incrementa debido a que ocurre el mayor crecimiento fetal; el no cubrir los requerimientos nutricionales afectará la miogénesis y adipogénesis fetal (Du et al., 2010). Durante esta etapa, el crecimiento fetal es más sensible al estrés nutricional que durante la gestación temprana, lo cual se pudiera resultar en la reducción de peso al nacimiento con efectos adversos a largo plazo sobre el rendimiento del crecimiento (Gardner et al., 2007; Gluckman et al., 2008; Pillai et al., 2017). Por otro lado, en esta etapa inicia la lactogénesis, y el no cubrir los requerimientos nutricionales maternos pone en riesgo la calidad y cantidad de calostro producido para el neonato (Chadio et al., 2016). Una reducida calidad del calostro puede disminuir la inmunidad pasiva e incrementar la incidencia de enfermedades del neonato (Barry et al., 2019).

De tal manera que el crecimiento fetal y posnatal se ve obstaculizado por la restricción de nutrientes en la madre (Gluckman et al., 2008). Un reducido peso y tamaño al nacimiento incrementa la mortalidad neonatal (Hinch and Brien, 2014). Sin embargo, pudiera existir algún crecimiento compensatorio en el desarrollo postnatal (Thompson et al., 2011). Por otro lado, cuando los neonatos tienen buen peso al nacimiento crecen más rápido y son más pesados al destete (Rosales Nieto et al., 2015; Ochoa-Cordero et al., 2019). Teniendo un rápido crecimiento postnatal ayudará a que las crías alcancen más rápido la pubertad e incrementen la eficiencia reproductiva (Rosales Nieto et al., 2015; Thompson et al., 2019).

En vacas lecheras gestantes, el manejo adecuado pre-parto garantiza el inicio de la lactogénesis y la calidad del calostro. Sin embargo, no siempre es el adecuado y la calidad de calostro no es garantizada. Adicionalmente, existen otros factores que influyen el peso al nacimiento, como el tipo de parto, sexo del neonato, y variables ambientales entre otros (Koch, 1972; Gardner et al., 2007). De tal manera que la hipótesis del presente trabajo es que el peso al nacimiento, ganancia de peso diaria y peso al destete de los becerros nacidos de hembras primerizas es menor a los becerros nacidos de hembras múltiparas.

## **Materiales y Métodos**

### *Lugar, Animales y Tratamientos*

El experimento se realizó en el Establo "Rincón del Paraíso" ubicado en el municipio de San Felipe, Guanajuato. El municipio de San Felipe cuenta con una altura de 2080 metros sobre el nivel del mar. El clima es semiárido y templado, estación invernal definida. La temperatura media anual es de 16.7 °C, la mayor temperatura registrada ha sido de 36.4 °C, y la mínima de 0 °C. Se utilizaron 30 vacas Holstein con su cría (n = 30), seleccionadas en base a su peso corporal y al número de lactancias. La Unidad de Producción cuenta con los registros productivos y reproductivos de las hembras, de tal manera que quedaron tres tratamientos 10 vacas de 1er parto (TRT 1), 10 vacas de 2ndo parto (TRT 2) y 10 vacas de 3er parto (TRT 3).

Las vacas próximas al parto se les permite realizarlo en el corral y sin intervención del personal. Al nacimiento, se permite el contacto entre la madre y la cría por un periodo de 10 minutos para fomentar el vínculo madre-cría. Al nacimiento, se determinó el peso, el tipo de parto y sexo de la cría. Posteriormente, se desinfecta el ombligo de la cría y la primera toma de calostro se da dentro de las primeras 2 horas de vida proporcionando 10% de su peso vivo. La cría se volvió a pesar al destete (3 meses de edad) con el fin de determinar la ganancia de peso diaria durante la lactancia.

A todas las vacas; en el periodo seco de 40 días se proporcionó una alimentación baja en almidones y proteína con forraje de mantenimiento; posteriormente a los 21 días antes de la fecha probable de parto, se alimentaron con una dieta rica en más proteína y almidones compuesta por una tercera parte de concentrado y dos 2 terceras partes de forrajes; esta misma dieta se les proporciona después del parto.

### *Análisis de Datos*

La información se analizó con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). El peso al nacimiento, ganancia de peso diaria y el peso al destete de la progenie se analizó mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). El efecto fijo fue tratamiento. El sexo de la progenie fue incluido de forma independiente.

## **Resultados y Discusión**

### *Peso al Nacimiento*

El peso al nacimiento fue  $33 \pm 0.9$  kg para las crías del TRT-1,  $38.1 \pm 2.5$  kg para las crías del TRT-2 y  $38.3 \pm 1.4$  kg para las crías del TRT-3. El peso al nacimiento tendió a diferir entre tratamientos ( $P=0.07$ ). El contraste entre TRT-1 y TRT-2 fue significativo ( $P < 0.05$ ). El contraste entre TRT-1 y TRT-3 fue significativo ( $P < 0.05$ ).

### *Ganancia de Peso Diaria*

La ganancia de peso diaria fue  $550 \pm 25$  gr/día para las crías del TRT-1,  $515 \pm 46$  gr/día para las crías del TRT-2 y  $496 \pm 23$  gr/día para las crías del TRT-3. La ganancia de peso diaria no difirió entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Los contrastes entre TRT-1 y TRT-2 y entre TRT-1 y TRT-3 no fueron significativos ( $P > 0.05$ ).

### *Peso al Destete*

El peso al destete fue  $82.4 \pm 2.7$  kg para las crías del TRT-1,  $84.9 \pm 3.7$  kg para las crías del TRT-2 y  $82.5 \pm 2.6$  kg para las crías del TRT-3. Los contrastes entre TRT-1 y TRT-2 y entre TRT-1 y TRT-3 no fueron significativos ( $P > 0.05$ ).

Existen varios factores que inciden en el peso al nacimiento de la cría. La nutrición durante la gestación tiene un impacto importante en el peso al nacimiento, sin embargo, en el presente experimento se realizó un correcto manejo pre-parto para garantizar que las señales metabólicas no fueron reducidas y que influyera la distribución de nutrientes en las crías y en el inicio de la lactogénesis. Adicionalmente, el peso al momento del empadre de la madre está en función del peso corporal adulto que la hembra va a alcanzar y existe una correlación genética entre el peso de la madre al momento del empadre y el peso de la cría al nacimiento (Oldham et al., 2007; Paganoni et al., 2014). Esto puede explicar la diferencia en el peso al nacimiento de las crías del TRT-1 en comparación con las crías del TRT-2 y TRT-3, en donde las madres eran más viejas.

La diferencia en el peso al nacimiento entre las crías de madres de diferente edad observado en el presente experimento concuerda con otros estudios. Dillard et al., (1980) señalan que cuando la edad de la madre incrementa de 2 a 4 años, el peso al nacer incrementa 2.7 kg. Adicionalmente Koch (1972) indicó que el peso al nacimiento y la ganancia de peso diaria están influenciados directamente por las variables maternas. Es importante mencionar que existen variables externas que pueden influir el desarrollo fetal y afectar directamente el peso al nacimiento, tal como alimentación durante la gestación, tipo de parto, sexo de la cría, entre otros (Gardner et al., 2007; Rosales-Nieto et al., 2018).

La ganancia de peso diaria registrada entre las crías no difiere entre tratamientos. Interesante es que las crías del TRT-1 mostraron una mayor ganancia de peso diaria a pesar que el análisis estadístico y los contrastes no encontraron diferencias. De manera similar, el peso al destete estadísticamente no difirió entre tratamientos, sin embargo, las crías del TRT-2 fueron más pesadas al destete. El crecimiento postnatal depende en gran medida de los factores externos, particularmente de la nutrición y pudiera existir algún crecimiento compensatorio en animales nacidos de parto doble o hembras (Thompson et al., 2011). Adicionalmente, la genética juega un papel importante y factores como la edad de la madre, la genética del padre, el tipo de parto y el sexo de la cría impactan directamente en el desarrollo (Rosales Nieto et al., 2018). Se ha demostrado que la progenie nacida de padres con mayores valores genéticos para el desarrollo postnatal crece más rápido y son más pesados al destete (Safari et al., 2005; Rosales Nieto et al., 2018).

## Conclusión

En conclusión, se determina que el número de parto de la madre influye en el peso al nacimiento, pero no así la ganancia de peso diaria ni el peso al destete de las crías.

## Literatura Citada

- 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.
- Chadio, S., Katsafadou, A., Kotsampasi, B., Michailidis, G., Mountzouris, K.C., Kalogiannis, D., Christodoulou, V., 2016. Effects of maternal undernutrition during late gestation and/or lactation on colostrum synthesis and immunological parameters in the offspring. *Reproduction, Fertility and Development* 28, 384-393.
- Dillard, E.U., Rodriguez, O., Robison, O.W., 1980. Estimation of Additive and Nonadditive Direct and Maternal Genetic Effects from Crossbreeding Beef Cattle. *Journal of Animal Science* 50, 653-663.
- Du, M., Tong, J., Zhao, J., Underwood, K.R., Zhu, M., Ford, S.P., Nathanielsz, P.W., 2010. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science* 88, E51-E60.
- Gardner, D.S., Buttery, P.J., Daniel, Z., Symonds, M.E., 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Reproduction* 133, 297-307.
- Gluckman, P.D., Hanson, M.A., Cooper, C., Thornburg, K.L., 2008. Effect of In Utero and Early-Life Conditions on Adult Health and Disease. *New England Journal of Medicine* 359, 61-73.

- Hinch, G.N., Brien, F., 2014. Lamb survival in Australian flocks: a review. *Animal Production Science* 54, 656-666.
- Koch, R.M., 1972. The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: VI. Maternal Effects in Beef Cattle. *Journal of Animal Science* 35, 1316-1323.
- Ochoa Cordero, M., Meza Herrera, C.A., Vázquez García, J.M., Stewart, C.A., Rosales Nieto, C.A., Ochoa Alfaro, A.E., Purvis, I.W., Cuevas Reyes, V., Lee Rangel, H.A., Martin, G.B., 2019. Pregnancy and Litter Size, But Not Lamb Sex, Affect Feed Intake and Wool Production by Merino-Type Ewes. *Animals* 9, 214.
- Oldham, C.M., Thompson, A.N., Ferguson, M.B., Gordon, D.J., Kearney, G.A., Paganoni, B.L., 2011. The birthweight and survival of Merino lambs can be predicted from the profile of liveweight change of their mothers during pregnancy. *Animal Production Science* 51, 776-783.
- Paganoni, B.L., Ferguson, M.B., Kearney, G.A., Thompson, A.N., 2014. Increasing weight gain during pregnancy results in similar increases in lamb birthweights and weaning weights in Merino and non-Merino ewes regardless of sire type. *Animal Production Science* 54, 727-735.
- Pillai, S.M., Jones, A.K., Hoffman, M.L., McFadden, K.K., Reed, S.A., Zinn, S.A., Govoni, K.E., 2017. Fetal and organ development at gestational days 45, 90, 135 and at birth of lambs exposed to under- or over-nutrition during gestation<sup>1,2,3</sup>. *Translational Animal Science* 1, 16-25.
- Rosales Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Thompson, H., Briegel, J.R., Macleay, C.A., Martin, G.B., Thompson, A.N., 2015. Relationships among Puberty, Muscle and Fat, and Liveweight Gain during Mating in Young Female Sheep. *Reproduction in Domestic Animals* 50, 637-642.
- 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.
- Safari, E., Fogarty, N.M., Gilmour, A.R., 2005. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science* 92, 271-289.
- Thompson, A.N., Ferguson, M.B., Campbell, A.J.D., Gordon, D.J., Kearney, G.A., Oldham, C.M., Paganoni, B.L., 2011. Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy and lactation increases weaning weight and survival of progeny but does not affect their mature size. *Animal Production Science* 51, 784-793.
- Thompson, A., Bairstow, C., Ferguson, M., Kearney, G., Macleay, C., Thompson, H., Paganoni, B., 2019. Growth pattern to the end of the mating period influences the reproductive performance of merino ewe lambs mated at 7 to 8 months of age. *Small Ruminant Research* 179, 1-6.

## EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA SOBRE EL PERFIL METABÓLICO DE CABRAS GESTANTES

Juan M. Vázquez García<sup>1</sup>, Gregorio Álvarez Fuentes<sup>2\*</sup>, Héctor O. Orozco Gregorio<sup>1</sup>,  
Juan C. García López<sup>2</sup>, Milagros González Hernández<sup>1</sup>, César A. Rosales Nieto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; <sup>2</sup> Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. \* Autor de correspondencia: gregorio.alvarez@uaslp.mx

### Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación energética sobre el perfil metabólico de cabras gestantes durante el último tercio de gestación hasta dos semanas posparto. Se utilizaron 36 hembras multíparas de la raza Alpina francesa en el último tercio de gestación, divididas en tres tratamientos: 1) control, alfalfa henificada (T-0); 2) alfalfa + 150 g de concentrado energético, (T-150); 3) alfalfa + 300 g de concentrado energético (T-300). Se evaluó la concentración de glucosa, colesterol y triglicéridos en suero sanguíneo. Para el análisis de los datos se utilizó un modelo mixto completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo PROC MIXED de SAS y la comparación de medias se realizó bajo una prueba de Tukey con un  $\alpha=0.05$ . No se observó efecto del tratamiento ( $p>0.05$ ) sobre las concentraciones de glucosa, colesterol y triglicéridos en suero sanguíneo de las cabras suplementadas, de igual manera no hubo diferencia estadística entre tratamientos. Con respecto a los periodos, observamos una variación en la concentración de glucosa sanguínea ( $P<.0001$ ) el periodo más significativo representa la primera semana después del parto. Se concluye que la suplementación energética en cabras Alpinas durante el último tercio de gestación no influye en la concentración sérica de glucosa, colesterol y triglicéridos. Sin embargo, la suplementación a través del tiempo tiene efecto positivo sobre dichos parámetros; siendo la primera semana después del parto donde existe más movilización de las concentraciones de glucosa.

### Introducción

Los caprinos han sido la especie más aprovechada por el hombre para la producción de leche y carne (FAO, 2018), el inventario mundial está por encima del billón; siendo China el país que cuenta con la mayor población de esta especie, seguido de la India y Nigeria. Se proyecta que para 2030, el número de rumiantes domésticos en los países en desarrollo superará al de todo el planeta (Torres-Fajardo et al., 2020). En México, la población de caprinos durante los últimos diez años ha tenido un crecimiento sostenido llegando a 8,791,894 de cabezas (SIAP, 2019) siendo Oaxaca y Puebla los estados con mayor inventario de esta especie. Una proporción significativa de la producción caprina en México se localiza en las zonas áridas y semiáridas, caracterizadas por presentar lluvias erráticas y escasez de alimento; por lo que la subsistencia caprina en dichas zonas se basa en el pastoreo extensivo y sin alguna suplementación adicional (García et al., 2015; Mellado et al., 2020).

La combinación de una nutrición deficiente que incumpla los requerimientos nutricionales, sumado a un bajo estado de salud da como resultado una baja eficiencia reproductiva y baja concentración de hormonas metabólicas resultando un perfil hormonal catabólico de la madre (Caldeira et al., 2007; Tygesen et al., 2008). Si agregamos los periodos de alta demanda energética para la madre como son el último tercio de la gestación donde se produce alrededor del 75% del crecimiento fetal y la lactancia temprana pueden verse afectados y comprometer el desarrollo fetal y posnatal (Du et al., 2010; Jenkinson et al., 2012). Derivado de ello, existe el riesgo de enfermedades metabólicas; la evaluación de las concentraciones hematoquímicas como la de glucosa, colesterol y triglicéridos son indicadores metabólicos de la nutrición, así como de la fisiología de los animales (Greenwood et al., 2000; Symonds et al., 2007; Malek et al., 2016).

Tomando en cuenta lo anterior es necesario la aplicación de estrategias efectivas que mejoren los parámetros antes mencionados; entre estas se encuentra la suplementación energética en etapas críticas de la gestación y el periodo de transición, dichas estrategias contribuyen a disminuir las limitaciones propias de estos sistemas, además de influir en la composición de los productos. Por lo tanto, el objetivo del trabajo es evaluar el efecto de la suplementación energética sobre los niveles circulantes de glucosa, triglicéridos y colesterol de cabras gestantes.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el Centro de mejoramiento genético caprino de gobierno del estado de San Luis Potosí; ubicado en Carretera San Luis Potosí – Matehuala ex hacienda Santa Ana km, 1.5. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. Se utilizaron 36 hembras multíparas de la raza Alpina francesa en el último tercio de gestación, con un peso de  $56.4 \pm 1.8$  kg, divididas homogéneamente en base al peso corporal en tres tratamientos (n=12), los cuales fueron: (T-1) alfalfa + 150 g de concentrado energético; (T-2) alfalfa + 300 g de concentrado energético; (T-3) control, solo alfalfa henificada. Los animales de cada tratamiento fueron alimentados diariamente a las 8:00 h, la suplementación se inició una semana antes del último tercio de gestación y durante éste.

Se obtuvieron muestras de sangre de todas las hembras el mismo día antes de la alimentación, el primer muestreo se realizó una semana antes de la suplementación (periodo 1), posteriormente cada 7 días (1 semana = 1 periodo) hasta una semana después del parto (periodo 6). La sangre se obtuvo mediante venopunción yugular utilizando tubos de vacío vacutainer (13x75mm, 4.0 ml), sujetando el animal en la parte del tren anterior específicamente el cuello y cabeza de acuerdo a lo establecido en la NOM-062-ZOO-1999. Las muestras fueron tomadas con agujas para toma múltiple, 21G x 1.5" (0.8 x 38 mm); Las muestras de sangre se colocaron inmediatamente en hielo y se centrifugaron (1500 rpm) durante 15 minutos.

El suero aislado se almacenó a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta el análisis. Para el análisis de glucosa, colesterol y triglicéridos en las muestras, se evaluó el suero a temperatura ambiente utilizando el método de colorimetría enzimática bajo las indicaciones del fabricante SPINREACT, las muestras se mezclaron e incubaron durante 10 min, la lectura se realizó por espectrofotometría los resultados están reportados en mg/dL.

#### *Análisis estadístico*

Para el análisis de los datos se utilizó un modelo mixto con mediciones repetidas en el tiempo mediante el PROC MIXED de SAS con la función REPEATED, utilizando la estructura de covarianza AR(1) y la comparación de medias se realizó bajo una prueba de Tukey con un  $\alpha=0.05$ . La instrucción ESTIMATE calculó la diferencia entre medias de los tratamientos para cada periodo.

### **Resultados y Discusión**

#### *Glucosa*

Los resultados del presente trabajo sobre los valores séricos de glucosa, en cabras gestantes indican; que no hubo efecto del tratamiento sobre dichos valores (cuadro 2) por lo tanto la suplementación ofrecida es insuficiente para modificar los parámetros bioquímicos sanguíneos durante dicha etapa. En los resultados del presente estudio las concentraciones séricas de glucosa en las madres fue baja, sin embargo, se encuentra dentro de los límites normales para pequeños rumiantes (Vicente-Perez et al., 2018). Lo anterior deriva, que durante la etapa de gestación y sobre todo durante el último tercio; la síntesis energética es mayor por lo tanto la demanda de energía metabólica obliga a la movilización de las reservas corporales para llevar con éxito el desarrollo fetal, buen peso al nacimiento y la síntesis para la producción de calostro y leche (Symonds et al., 2007; Greenwood et al., 2000). Nuestros resultados son similares a los reportados por Zabaleta et al, (2012) donde reportan que la disminución en las concentraciones de glucosa podría deberse a la demanda que se tiene durante esa etapa.

#### *Triglicéridos*

Al momento de analizar las concentraciones séricas de triglicéridos la mayor concentración fue para el T-0 (sin suplementación) sin embargo, no se observó diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (cuadro 2). Las bajas concentraciones de triglicéridos muestran un escenario que sugiere existe una acción catabólica de las reservas corporales del animal y por lo tanto una disminución en los niveles séricos de triglicéridos, a ello se le suma que la leche de las cabras es rica en triglicéridos de cadena corta y en ácidos grasos, ambos utilizados por la glándula mamaria para la síntesis de leche. (Zabaleta et al., 2012; Malek et al., 2016).

*Colesterol*

Derivado de la suplementación energética, se observó que no hubo efecto del tratamiento sobre las concentraciones de colesterol (cuadro 2). Lo anterior deriva, que durante la etapa del último tercio, la demanda energética aumenta; por lo cual la madre tiene que movilizar sus reservas para llevar con éxito el desarrollo fetal, el peso al nacimiento y la producción de leche (Symonds et al., 2007; Greenwood et al., 2000). De Souza et al. (2014) reportan que niveles sanguíneos de colesterol en cabras lecheras aumentan por el efecto de la suplementación de concentrados energéticos comerciales (Lactoplus®).

Cuadro 2. Efecto de la suplementación energética en cabras durante el último tercio de gestación sobre la concentración promedio de glucosa, colesterol y triglicérido en sangre.

	T-0	T-150	T-300	P > f
Glucosa (mg/dL)	55.4±13	57.5±14.8	53.9 ±15	NS
Colesterol (mg/dL)	67.7±16.1	65.7±15.2	60.2±14.2	NS
Triglicéridos (mg/dL)	32. ±15.5	30.7±11.4	28.5±10.9	NS

NS: no significativo

Respecto al efecto del tratamiento en el tiempo (cuadro 3) se observó una variación durante los periodos de suplementación. En el periodo 6 (P-6) se registró un aumento en la concentración de glucosa sanguínea con respecto a los demás periodos, ( $P < .0001$ ) dicho periodo representa la primera semana después del parto; esto es atribuible a que durante la primera semana posparto existe una mayor movilización de los niveles séricos de glucosa para la síntesis de sólidos totales en calostro y leche, aumentando conforme avanza el periodo de lactación (Zabaleta et al., 2012). Otaru et al. (2011) no encontraron diferencia significativa entre tratamientos con respecto a la concentración de los metabolitos en suero sanguíneo, en cabras suplementadas con un energético comercial.

Cuadro 3. Concentración general de los niveles séricos de glucosa, colesterol y triglicéridos sanguíneos en hembras gestantes durante el periodo de experimentación.

	P - 1	P - 2	P - 3	P - 4	P - 5	P - 6	P > f
Glucosa (mg/dL)	55.0 cb	49.0 cb	56.3 b	51.8 cb	48.2 c	73.2 a	0.0001
Colesterol (mg/dL)	60.2 bc	56.8 c	66.5 abc	72.9 a	60.8 bc	70.0 b	0.0001
Triglicéridos (mg/dL)	28.0 b	27.9 b	31.7 ba	30.1 ba	37.9 a	27.5 b	0.0034

P: periodo. Medias con diferente literal por fila difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

En los resultados del presente trabajo, se observaron concentraciones más elevadas de colesterol y triglicéridos para los periodos que componen la segunda mitad del último tercio de gestación (P-4 y P-5) en comparación con la primera mitad. Esto deriva, que durante las etapas de gestación y sobre todo durante el último tercio, la demanda energética aumenta; por lo cual la madre tiene que movilizar sus reservas para llevar con éxito el desarrollo fetal, el peso al nacimiento y la producción de leche (Symonds et al., 2007; Greenwood et al., 2000). Espinoza et al. (2010) señalan que las concentraciones séricas de triglicéridos y colesterol fueron más elevadas en las vacas que se suplementaron con grasa (sebo bovino) que las vacas del grupo testigo

## Conclusión

Se concluye que la suplementación energética en cabras Alpinas durante el último tercio de gestación no influye en la concentración sérica de glucosa, colesterol y triglicéridos. Sin embargo, la suplementación a través del tiempo tiene efecto positivo sobre dichos parámetros; siendo la primera semana después del parto donde existe más movilización de las concentraciones de glucosa. Es recomendable más investigación sobre los niveles séricos de glucosa en caprinos ya que se pueden considerar como limitantes de desarrollo fisiológico haciendo a los neonatos más propensos a la mortalidad perinatal.

## Literatura Citada

- Caldeira, R; Belo, A; Santos, C; Vazques, M; Portugal, A. (2007). The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Rumin. Res.* 68, 242–255.
- Du, M.; Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K.R.; Zhu, M.; Ford, S.P.; Nathanielsz, P.W. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *J. Anim. Sci.* 2010, 88, E51–E60.
- Garrafa, B. (2018). Glucemia en crías de alpaca huacaya (*Vicugna pacos*), en macusani. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú.
- Greenwood P. L; Hunt A. S; Hermanson J. W; Bell A. W. (2000). Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: II. Skeletal muscle growth and development. *J. Anim Sci.* 78, 50-61.
- Greenwood, P.L; Hunt, A.S; Slepatis, R.M; Finnerty, K.D; Alston, C; Beermann, D.H; Bell, A.W. (2002). Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep. III. Regulation of energy metabolism. *J. Anim. Sci.* 80, 2850–2861.
- <http://www.fao.org/faostat/es/#data>.
- Jenkinson, C; Earl, K.; Kenyon, R.; Blair, T. (2012). Effects of maternal nutrition during pregnancy on fetal growth and maternal constraint in sheep. *Anim. Prod. Sci.* 52, 524-532.
- Malek, M; Zaina, A; Farida, K; Mounira, K. (2016). Analysis of the energetic metabolism in cyclic Beduin goats (*Capra hircus*): Nychthemeral and seasonal variations of some haematochemical parameters in relation with body and ambient temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 60, 86-94.
- Mellado, M.; Rodríguez, I.J.; Alvarado-Espino, A.; Véliz, F.G.; Mellado, J.; García, J.E. Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Trop. Ani. Hea. Prod.* 2020, 52, 2737-2741.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

- Panorama-Agroalimentario, 2020. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- SIAP 2019. <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>. Accessed date 15/10/2020.
- Torres-Fajardo. R.A.; González-Pech. P. G.; Sandoval-Castro. C. A.; and Torres-Acosta. J. F. (2020). Small Ruminant Production Based on Rangelands to Optimize Animal Nutrition and Health: Building an Interdisciplinary Approach to Evaluate Nutraceutical Plants. *Animals*, 10, 1799.
- Tygesen, M; Nielsen, M; Nørgaard, P; Ranvig, H; Harrison, A; Tauson, A-H. (2008). Late gestational nutrient restriction: Effects on ewes' metabolic and homeorhetic adaptation, consequences for lamb birth weight and lactation performance. *Arch. Anim. Nutr.* 62, 44-59.
- Zabaleta, J., Pérez, M., M, Riera., Nieves, L. & Vila, Vicente. (2012) Glucose and Triglycerides Concentration in the Blood Serum of Canaria Breed Goats during the Transition Period. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 22, 225 – 230.

## EFFECTOS DEL USO DE IMPRESORA TERRESTRE EN HIDROLOGÍA DE CUENCAS EN TIERRAS ÁRIDAS DEL NORTE DE MÉXICO

Azucelli Maythe Mauricio Pérez<sup>1</sup>, Ignacio Sánchez Cohen<sup>2</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>1</sup>, Miguel Agustín Velásquez Valle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Cetra. 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 Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35140. Autor de correspondencia: sanchez.ignacio@inifap.gob.mx

### Introducción

En México, los principales tipos de degradación del suelo son la erosión hídrica, eólica y la degradación química, siendo la erosión hídrica la más importante (Bolaños et al., 2016). Algunos problemas de degradación del suelo son la pérdida de estructura del suelo, disminución de materia orgánica y nutrientes del suelo, reducción de la disponibilidad de agua en el suelo, y también aumento de sedimentos en la red de drenaje que reducen la capacidad de transporte y reducen la calidad del agua (Ffolliot et al., 2013). Además, las zonas áridas y semiáridas son ecosistemas frágiles; esto incrementa la necesidad de estudios sobre el funcionamiento de las aguas pluviales y superficiales en relación a la presión que ejercen los diferentes sistemas de producción (Esquivel et al., 2015). Por tanto, es muy importante la caracterización de las cuencas hidrográficas para conocer cómo el balance hídrico puede verse alterado por factores como el tipo de suelo, la vegetación y el cambio de uso del suelo y su cobertura vegetal (Pereira et al., 2014; Alvez et al., 2017). En 2017, parte de la vegetación nativa de la cuenca San Luis del Cordero fue eliminada debido al uso de la impresora terrestre por la siembra de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), de ahí que el objetivo de esta investigación fue identificar el impacto del uso de la impresora terrestre en el proceso hidrológico de una cuenca.

### Materiales y Métodos

#### *Localización geográfica del área de estudio*

El área de estudio es una cuenca experimental dentro de San Luis del Cordero, se ubica en la subcuenca del Naicha que forma parte de la Región Hidrológica 36 (Nazas-Aguanaval), ubicada entre las coordenadas 25°15'00" a 25°31'00" de latitud norte y 104°07'00" a 104°33'00" longitud oeste (Esquivel et al., 2015; Yáñez, et al. 2018). La superficie de la cuenca es de 158,87 ha. El clima predominante es de semi-seco a semicálido seco, con altitudes que oscilan entre 1300 y 1900 msnm y una precipitación media anual de 360 mm (Castillo et al., 2009), con temperaturas máximas de 40 °C y temperaturas más bajas alrededor de 0 °C (Bueno et al., 2013) y suelo franco arenoso con vegetación tipo matorral desértico (INEGI, 2016).

### *Medición de precipitación y escorrentía*

Se realizaron mediciones de precipitación y escorrentía para los años 2016 y 2017. Las mediciones de escorrentía en el sitio se realizaron utilizando un aforador con una sección hidráulica y una relación altura-volumen conocida. Las mediciones de la altura del flujo se registraron cada minuto al comienzo de la escorrentía, luego cada 5 minutos. Se tomó una muestra de un litro de escorrentía en cada lectura para calcular la carga de sedimentos de cada evento de escorrentía. Para medir los eventos de lluvia se instalaron tres pluviómetros con registro cada minuto (Figura 1a).

### *Simulación de lluvia*

Durante el 2017, se utilizó la impresora terrestre para modificar la superficie del suelo y promover la recolección de agua para cultivar pasto (Figura 1b); la impresora terrestre alteró 24 ha de la cuenca, lo que representa el 15% de la superficie total de la cuenca. Para el mismo año se registraron 3 eventos de lluvia en la cuenca, el primero el 4 de agosto, el segundo el 17 de agosto por la mañana y el tercero el 17 de agosto por la tarde. Para determinar el impacto de Land Imprinter en los procesos hidrológicos, se realizó un estudio de simulación de lluvia durante 2018 (Figura 1c).



Figura 1. Recopilación de la base de datos del pluviómetro (a), impresora terrestre (b) y simulación de lluvia dentro de la cuenca (c).

El simulador de lluvia Miller modificado que se utilizó tiene tres válvulas solenoides para controlar la intensidad de la lluvia. Se eligió una intensidad de lluvia de  $60 \text{ mmh}^{-1}$ , la simulación de lluvia se realizó en parcelas de prueba de 1 m de ancho por 3 metros de largo con una caja para recolectar la escorrentía, estas parcelas de prueba se colocaron en áreas donde se utilizó la impresora terrestre y en áreas con condiciones naturales de cobertura vegetal. Antes de iniciar la simulación de lluvia, se identificó la cobertura del suelo, se midió la humedad del suelo y la temperatura de la cobertura de la parcela. Una vez que comenzó la escorrentía, cada 15 minutos se tomaron muestras para determinar la concentración de sedimentos y la profundidad de la escorrentía.

## Resultados

A partir de las simulaciones de lluvia, se obtuvo la producción de sedimentos y escorrentía en parcelas experimentales sin el efecto de impresora terrestre (Figura 2) y con el efecto de la impresora terrestre (Figura 3). Partiendo de que las condiciones de humedad del suelo en las parcelas experimentales fueron las mismas, de las figuras 2 y 3 se tiene un retraso en el inicio de la escorrentía. La escorrentía en la parcela experimental sin imprimadora de tierra comenzó 1 minuto después del inicio de la lluvia, por otro lado, el inicio de la escorrentía en la parcela con impresora terrestre fue 30 minutos después del inicio de la lluvia.

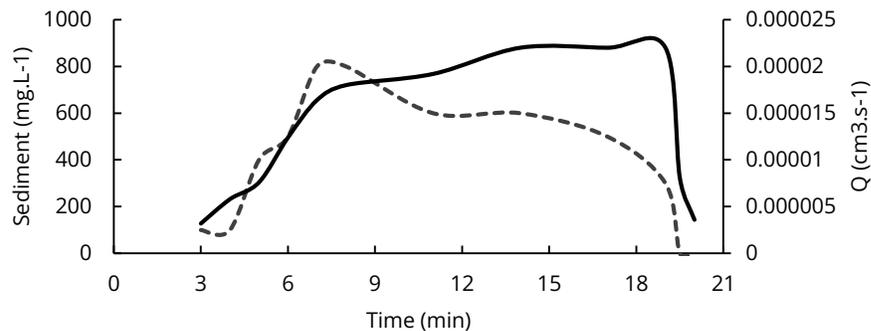


Figura 2. Sedigráfico (línea punteada) e hidrograma (línea continua) para parcela experimental sin efecto de impresora terrestre.

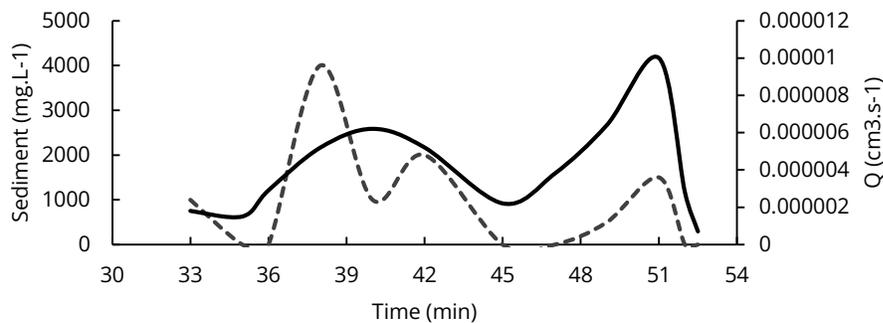


Figura 3. Sedigráfico (línea punteada) e hidrograma (línea continua) para parcela experimental con efecto de impresora terrestre.

Además, hubo un aumento considerable en la producción de sedimentos en la parcela experimental con impresora terrestre, se obtuvo una producción máxima de sedimentos de  $4000 \text{ mg l}^{-1}$ , mientras que en la parcela experimental sin impresora terrestre la producción máxima de sedimentos fue de  $800 \text{ mg l}^{-1}$ .

## Discusión

El hidrograma con efecto de impresora terrestre tiene una distribución típica, comienza de manera ascendente que corresponde a la concentración del flujo hasta alcanzar el flujo máximo y luego desciende a medida que el flujo disminuye, por otro lado, el hidrograma sin impresora terrestre se comporta de manera diferente, tiene dos caudales máximos durante la simulación de lluvia, lo anterior causado por las micro depresiones, la escorrentía inicialmente fue solo de las áreas sin micro depresiones, luego de que se llenaron las micro depresiones, el área de escorrentía aumentó dando como resultado un segundo pico en el hidrograma.

Lo anterior concuerda con lo reportado por González et al. (2006), donde señalan que la escorrentía está condicionada esencialmente por la cobertura vegetal y la intensidad de la lluvia. Asimismo, Calvo, Jiménez y de Saá (2012); y Pérez, Moreno y Roldán (2016), concluyeron en su investigación que el porcentaje de lluvia interceptada es directamente proporcional al porcentaje de cobertura terrestre. Para esta investigación, la intensidad de la lluvia fue la misma para todas las simulaciones, por lo que el cambio en la respuesta de la escorrentía está directamente relacionado con la cobertura vegetal y la condición del suelo.

En las parcelas donde se realizó remoción de vegetación nativa, existe una mayor pérdida de suelo, esto coincide con los impactos de la alteración de la cobertura vegetal y la microtopografía superficial del suelo referidos por Chavéz et al. (2012) en su investigación.

## Conclusión

El uso de la impresora terrestre origina inicialmente una mayor erosión del suelo. Ciertamente hubo una reducción de la escorrentía en las áreas donde se utilizó la impresora terrestre debido a la formación de micro depresiones que servían como retenedores de agua, sin embargo, es necesario continuar con el monitoreo de la cuenca para hacer una evaluación completa del impacto del terreno. Impresora en la zona.

## Literatura Citada

- Alvez-Alvarenga, L. A., Mello, C. R. D., Colombo, A., & Cuartas, L. A. (2017). Performance of a Distributed Hydrological Model Based on Soil and Moisture Zone Maps. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41.
- Bolaños González, Martín A., Paz Pellat, Fernando., Cruz Gaistardo, Carlos O., Argumedo Espinoza, Jesús A., Romero Benítez, Víctor M., & de la Cruz Cabrera, Julio C. (2016). Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 271-288.
- Bueno-Hurtado, P., Sánchez-Cohen, I., Esquivel-Arriaga, G., Velásquez-Valle, M., & Inzunza-Ibarra, M. A. (2013). Caracterización hidrológica para cuencas en zonas áridas en México. *AGROFAZ*, 13(2).
- Calvo-Alvarado, J., Jiménez-Rodríguez, C., & de Saá-Quintana, M. (2012). Intercepción de precipitación en tres estadios de sucesión de un Bosque húmedo Tropical, Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(22).

- Chavéz, L. G., Tapia, V. L. M., Bravo, E. M., Sáenz, R. T., Munoz, F. H. J., & Vidales, F. I. (2012). Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate. INIFAP. 13. ISBN: 978-607-425-825-7.
- Esquivel Arriaga, G., Bueno Hurtado, P., Sánchez Cohen, I., Velásquez Valle, M. A., & Muñoz Villalobos, J. (2015). Delimitación y análisis morfométrico de tres cuencas del Norte-Centro de México. *Agrofaz*.
- Ffolliott, P. F., Brooks, K. N., Neary, D. G., Tapia, R. P., & Garcia-Chevesich, P. (2013). Soil erosion and sediment production on watershed landscapes: processes and control. UNESCO Special Technical Publication No. 32. Montevideo, Uruguay: UNESCO, International Hydrological Programme, Regional Office for Science for Latin American and the Caribbean. 73 p.
- González-Cervantes, G., Estrada-Ávalos, J., González-Barrios, J. L., Cueto-Wong, J. A., Sánchez-Cohen, I., & Castillo-Santillán, G. (2006). Análisis de los factores que afectan la relación precipitación-escurrimiento en una zona semiárida del norte de México. *Terra Latinoamericana*, 24(3), 337-345.
- INEGI. (2016). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Unión), escala: 1:250 000. Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Pereira, D. D. R., Almeida, A. Q. D., Martínez, M. A., & Rosa, D. R. Q. (2014). Impacts of deforestation on water balance components of a watershed on the Brazilian East Coast. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(4), 1350-1358.
- Pérez-Arellano, R., Moreno-Pérez, M. F., & Roldán-Cañas, J. (2016). Comparación de modelos de interceptación de agua de lluvia en individuos aislados de *Pinus pinea* y *Cistus ladanifer*. *Ingeniería del agua*, 20(3), 153-168.
- Yáñez-Chávez, L. G., Pedroza-Sandoval, A., Martínez-Salvador, M., Sánchez-Cohen, I., Echavarría-Cháirez, F. G., Velásquez-Valle, M. A., & López-Santos, 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.

## EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS PARA LA EXTRACCIÓN DE DNA GENÓMICO DE ALTA CALIDAD DE *Argemone* spp. (Papaverales: Papaveraceae)

Perla Patricia Ochoa-García<sup>1</sup>, Fabián García-González<sup>1\*</sup>, Jesús Josafath Quezada-Rivera<sup>2</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</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: fabiangglez@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

La familia Papaveraceae es comúnmente conocida como la familia de las amapolas está compuesta por 44 géneros y 760 especies aproximadamente (Granados-Echegoyen et al., 2018). El género *Argemone* consta de alrededor de 60 especies, de las cuales 28 son nativas de América (Cuellar et al., 2013). Dichas especies suelen ser encontradas a lo largo de drenajes y bordes de carreteras, así como en campos cultivados o en estado de abandono y se le considera una maleza. Están ampliamente distribuidas en los estados de Chihuahua y Sonora, México (Villaseñor, 2016; MBG, 2019). Algunas especies del género *Argemone* han sido estudiadas en disciplinas como química y farmacia debido a su alto contenido de alcaloides (Rajvaidhya et al., 2012). Así mismo, se ha obtenido biodiesel a partir de las semillas de *Argemone pleiacantha* y *Argemone mexicana* (Rao et al., 2012, Trejo-Calzada et al., 2019). En general las especies del género *Argemone* están adaptadas a condiciones de suelos pobres y sequía. Sin embargo, no hay suficientes estudios sobre la diversidad genética y su posible asociación con los factores ambientales. En la actualidad, el estudio de la variación genética entre individuos, poblaciones y especies para explicar patrones y procesos ecológico-evolutivos se aborda mediante pruebas moleculares (Schlötterer 2004). El punto de partida de cualquier análisis que utiliza como materia prima ácidos nucleicos es un protocolo para la extracción de ADN de calidad óptima y buena concentración. Aunque existen antecedentes de ácidos nucleicos de plantas del género *Argemone* (Basaid et al., 2011; Rubio-Piña y Vázquez-Flota, 2008), la extracción de ADN de buena calidad aún presenta algunas dificultades lo que hace necesario estandarizar un protocolo para la extracción de ADN. El objetivo del presente trabajo fue evaluar dos protocolos de extracción de DNA (CTAB -con 3 variantes- y kit comercial) en plantas del género *Argemone*.

### Materiales y Métodos

Como materia prima para la extracción de DNA se consideró tejido foliar joven el cual se obtuvo de poblaciones silvestres de *Argemone* localizadas en La Honda, Miguel Auza, Zacatecas en las coordenadas 24° 3' 46.800", -103° 15' 32.400". Las hojas se colectaron en tubos falcón y se preservaron en nitrógeno líquido para su traslado al laboratorio de Biología Molecular de la FCB-UJED. El tejido vegetal congelado se maceró finamente en un mortero de porcelana cuidando que el tejido no se descongelara.

Las extracciones de DNA se realizaron empleando el método utilizando CTAB señalado por Doyle & Doyle (1990) con tres variantes:

- Doble extracción con Cloroformo
- Doble extracción con Cloroformo y Fenol-Cloroformo-Alcohol Isoamílico 25:24:1
- Doble extracción con Fenol-Cloroformo 1:1 y Fenol-Cloroformo-Alcohol Isoamílico 25:24:1.

El segundo método consistió en el kit comercial Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega, Fitchburg, WI). La concentración y pureza del DNA extraído fue evaluada por espectrofotometría en el equipo NanoDrop 2000. La relación de absorbancias A 260/280 en un rango de 1.6 a 2.1 se consideraron con una pureza óptima mientras que la relación A 260/230 en un rango de 1.8 a 2.2 se consideraron óptimas. La evaluación de la integridad del DNA extraído se realizó por electroforesis en agarosa al 0.8% y se corrió a 70 V en buffer Tris-Borato-EDTA con Gel Red.

## Resultados y Discusión

Los dos métodos probados con sus variantes resultaron ser efectivos para la extracción de DNA de *Argemone* sp., teniendo rendimientos entre 459.22 y 610.42 ng/μl. El método de extracción que mayor rendimiento de DNA de *Argemone* sp. presentó fue el método 1 CTAB, por encima del método 2 Kit comercial PROMEGA. Respecto al método de CTAB la variante con mayor rendimiento de extracción fue el Cloroformo-Cloroformo (CC), seguida por las variantes Cloroformo y Fenol-Cloroformo-Alcohol Isoamílico (C-FCAI) y Fenol-Cloroformo y Fenol-Cloroformo-Alcohol Isoamílico (FC-FCAI) (Cuadro 1).

Cuadro1. Medias de concentración de Ácidos Nucleicos, A 260/280 y A 260/230 obtenidos con las variantes CC, C-FCAI, FC-FCAI del método Doyle & Doyle y un Kit comercial.

Método Doyle & Doyle		Ácidos Nucleicos (ng/μl)	A 260/280	A 260/230
a) Cloroformo- Cloroformo	n = 6	610.42	1.42	0.60
b) Cloroformo y Fenol-Cloroformo-Alcohol Isoamílico	n = 6	588.47	1.48	0.78
c) Fenol-Cloroformo y Fenol-Cloroformo-Alcohol Isoamílico	n = 6	467.47	1.42	0.83
Wizard® Genomic DNA Purification Kit	n = 6	459.22	1.78	1.25
<i>Desviación Estándar</i>		<i>307.32</i>	<i>0.27</i>	<i>0.33</i>

El menor rendimiento de extracción se obtuvo empleando el Kit comercial PROMEGA(KIT). Sin embargo, dicho KIT registró una mayor pureza en las muestras extraídas con un promedio en A 260/280 de 1.78 presentando una pureza óptima para muestras de DNA (IBT 2021) en contraste con C-FCAI, FC-FCAI y CC con A 260/280 de 1.48, 1.42 y 1.42 respectivamente. Los promedios obtenidos en A 260/230 fueron 1.25, 0.83, 0.78, y 0.60 para KIT, FC-FCAI, C-FCAI y CC dichos valores pueden sugerir un exceso de componentes orgánicos (Maniatis et al., 1983).

La interferencia de dichos componentes orgánicos en la pureza del DNA puede atribuirse al alto contenido de alcaloides como berberina, protopina, sanguinarina y queleritina presentes en diferentes especies de *Argemone* (Rajvaidhya et al., 2012). La integridad del DNA se corroboró por medio de una electroforesis en la cual se observó una menor degradación del DNA obtenido con la variante FC-FCAI y KIT (Figura 1).

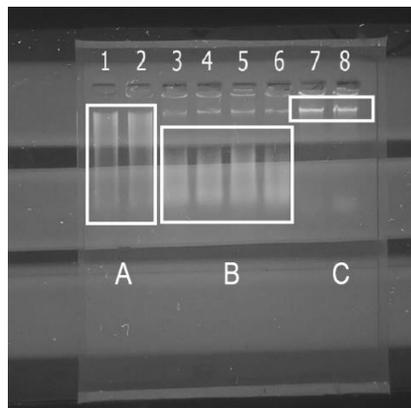


Figura 1. Electroforesis DNA de *Argemone* sp. extraído con CC (1-2), C-FCAI (3-4), FC-FCAI (5-6) y KIT (7-8). (A y B) DNA degradado. (B) DNA calidad óptima.

## Conclusiones

La variante FC-FCAI mostró tener un buen rendimiento de extracción y los mejores rangos de pureza, así como una buena conservación de la integridad del DNA en comparación con el resto de las variantes de método Doyle & Doyle que se implementaron en este ensayo. Las muestras analizadas con KIT fueron las que mejores niveles de pureza e integridad del DNA presentaron por lo tanto este método resultó ser la mejor opción para realizar extracciones de DNA en plantas del género *Argemone*.

## Literatura Citada

- Bazaid, S.A., A.S. Mohamed Muneera, H.M. Hussein Sonya and A.S. Sadik (2011). "Determination of DNA fingerprinting of nine *Argemone* plant samples using RAPD-PCR tool". *Pak. J. Biotechnol.* 8 (2): 55- 66.
- Cuellar, N., M. C. Lujan and M. T. Cosa (2013). "*Argemone subfusiformis* (Papaveraceae) especie nativa de interés etnomédico: su anatomía y aplicación en el control de calidad." *Arnaldoa* 20(1): 69-82.
- Granados-Echegoyen, C. A., M. J. Chan-Bacab, B. O. Ortega-Morales, A. Vásquez-López, L. Lagunez-Rivera, F. Fidel Diego-Nava and C. Gaylarde (2018). "*Argemone* mexicana (Papaverales: Papaveraceae) as an Alternative for Mosquito Control: First Report of Larvicidal Activity of Flower Extract." *Journal of Medical Entomology* XX(X): 1-7.
- IBT. (2021). "Cuantificación de Oligonucleótidos y Acidos Nucleicos por Espectroscopía de UV." from <http://oldwww.ibt.unam.mx/sintesis/cuantificacion.html>.
- Maniatis, T., E. F. Fritsch and J. Sambrook (1983). *Molecular cloning. A laboratory manual* Cold Spring Harbor Laboratory, New York.
- MBG. (2019). "*Argemone pleiakantha* Greene." Missouri Botanical Garden, from <http://tropicos.org/Name/24000122?tab=distribution>.

- Rajvaidhya, S., B. P. Nagori, G. K. Singh, B. K. Dubey, P. Desai and J. Sanjay (2012). "A review on Argemone mexicana Linn.- An Indian medicinal plant." IJPRS 3(08).
- Rao, R., P. Zubaidha, D. Kondhare, N. Reddy and S. Deshmukh (2012). "Biodiesel production from Argemone mexicana seed oil using crystalline manganese carbonate." 14(1): 65.
- Schlötterer, C. (2004). "The evolution of molecular markers –just a matter of fashion?." Nature Reviews 5: 63-69.
- Rubio-Piña, J.A.. and F.A. Vázquez Flota (2008). "Isolation of functional total RNA from Argemone mexicana tissues." Electron. J. Biotechnol. 11(4):1-5
- Trejo-Calzada, R., E. C. Villarreal-Ornelas, I. Sánchez-Cohen, M. A. Agustín Velásquez-Valle and M. N. BuendíaTamariz (2019). "Producción de biodiesel a partir de semillas de Argemone pleiacantha Greene." Tecnología en Marcha 32(Especial XIII CLIA): 109-114.
- Villaseñor, J. L. (2016). "Checklist of the native vascular plants of Mexico Catálogo." Revista Mexicana de Biodiversidad 87: 559-902.

## IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA POR MEDIO DE ANÁLISIS FILOGENÉTICOS DE MÁXIMA VEROSIMILITUD Y BAYESIANOS DE *Scleroderma* CEPA s.l. ESPECIE DE HONGO ECTOMICORRIZÓGENO ASOCIADO A *Carya illinoensis*

Judith A. Sánchez-Ledesma<sup>1</sup>., Verónica Ávila-Rodríguez<sup>2</sup>, Violeta Carrasco-Hernández<sup>3</sup>,  
Jesús G. Arreola-Ávila\*<sup>1</sup>, Amparo Borja-de la Rosa<sup>3</sup>, Fabián García-González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Domicilio conocido Bermejillo, Durango. C.P.35230. <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Dgo. Méx. C.P.35010. <sup>3</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo. Estado de México. C. P. 56230. \*Autor de correspondencia: jgarreola@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

Los árboles de nogal pecanero, como en la mayoría de los árboles forestales, han desarrollado una relación mutua con hongos ectomicorrizógenos nativos, necesarios para su desarrollo y sobrevivencia (Bonito et al.,2011). El macromiceto tiene como función incrementar el acceso a nutrientes de su anfitrión, aumentar la capacidad para absorción de agua, debido al incremento del potencial exploratorio de la raíz en el suelo, por la red hifal (Babuín, et al., 2016). Este hongo, puede también brindar protección contra patógenos (Machon et al. 2006). La diversidad y cantidad de micorrizas en nogal es considerable, ya que se han reportado en un estudio efectuado en cinco huertas de nogal en Georgia. USA, 44 distintos taxa de ectomicorrizas asociados con el género *Carya* (Bonito et al.,2011). Esto se debe a que el género *Carya* se asocia tanto con ectomicorrizas, como con micorrizas arbusculares (Wang and Qiu 2006), ya que el género *Juglans nigra*, forma solo micorrizas arbusculares (Bainard et al., 2011). En la región nogalera de los Estados Unidos (Smith et al, 1988) así como en el norte de México (Tarango, 2004), la cantidad y diversidad de ectomicorrizas o micorrizas arbusculares asociadas con el género *Carya* bajo manejo o creciendo en poblaciones espontaneas es considerable. El género *Carya* se cultiva en la Comarca, por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue coleccionar e identificar este hongo ectomicorrizógeno asociados a esta especie.

### Materiales y Métodos

#### *Muestreo, caracterización e identificación morfológica*

Para la realización de esta investigación se trabajó en un huerto de *Carya illinoensis* de La Comarca Lagunera, situada en Viesca municipio de Matamoros Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son 25° 25' N, 108° 18' O, con una elevación de 1200 metros sobre el nivel del mar. Se realizaron recorridos en bloques de 5 km<sup>2</sup> en 5 sitios, se realizó la búsqueda y recolección de ejemplares de hongos que crecen espontáneamente, durante 9 meses, comprendidos entre mayo y noviembre de 2018.

Los cuerpos fructíferos de los hongos se recolectaron haciendo una revisión de ramas, arbustos, hojarasca y suelo. Cada espécimen se depositó en papel encerado marcado con sus datos de colecta.

Extracción de DNA. El DNA fue amplificado por PCR en reacciones de 25  $\mu$ l de acuerdo al procedimiento de Sambrook et al. (1989). Las reacciones consistieron en 2.5  $\mu$ l de buffer de PCR 10X, 2.0  $\mu$ l de MgCl 2.5 Mm concentración final, 2.0  $\mu$ l de dNTPs (CA, USA) 2.0  $\mu$ l de cada primer de 10 picomoles/ $\mu$ l concentración final, 0.2  $\mu$ l, (1.5 U) de Taq polimera (GoTaq®, Flexi DNA Polymerase, Promega, WI), 11.3  $\mu$ l de agua de grado MiliQ, y 3  $\mu$ l de DNA. La región de los interespaciadores ribosomales (ITS) se amplificó con los oligonucleótidos ITS4 e ITS5 (Vrain et al. 1992 y Ratcliffe et al. 2002). El programa de PCR consistió en un ciclo inicial a 94 °C por 3 minutos, seguido de 34 ciclos de las temperaturas 94 °C, 51 °C y 72 °C durante 1 minuto y una extensión final a 72°C durante 8 minutos (Taylor et al. 2006). La amplificación se llevó a cabo en un termociclador MiniAmp Plus Thermal Cycler.

Visualización de los productos de PCR. El DNA, así como los productos de PCR fueron revisados en geles de agarosa al 0.8% y 1.5%, respectivamente. Se utilizó como amortiguador TBE al 0.5% (tris base, ácido bórico, EDTA al 0.5M, pH 8.0). Las muestras fueron teñidas con Gel Red® y se empleó un marcador de peso molecular de 100 pb (Axygen) como referencia. Los geles fueron fotografiados en un fotodocumentador Multidoc-IT (UVP®, Analytik Jena Company, CA).

#### *Secuenciación y análisis filogenéticos.*

Los productos de PCR fueron enviados a secuenciar en ambos sentidos a la compañía Macrogen Corp. (Rockville, MD), con los mismos primers de la PCR. Las secuencias nucleotídicas fueron editadas y alineadas en Geneious Prime® versión 2021 0.3, con el algoritmo de MUSCLE (Maddison y Maddison 2015; Edgar, 2004).

Los alineamientos fueron revisados de forma manual y las regiones ambiguas fueron excluidas. Para los análisis filogenéticos se usaron las secuencias de DNA más cercanas obtenidas de la base de datos del Centro Nacional de Información Biotecnológica NCBI por medio de algoritmo BLAST (Altschul et al., 1990). También se incluyeron secuencias de referencia incluidas en análisis filogenéticos recientes de los géneros. El análisis de inferencia Bayesiana (BI) se realizó en Mr. Bayes 3.2.5 (Ronquist y Huelsenbeck 2003). El análisis de máxima verosimilitud (ML), se realizó con RAxML.7.2.6 (Stamatakis,2006). Para el análisis Bayesiano usó un modelo sustitución de nucleótidos JC69, radio de variación gamma, 4 cadenas de Montecarlo, 2 millones de generaciones, muestreando cada 200 y descartando el primer 20%. El análisis de Máxima Verosimilitud usó el modelo de sustitución de nucleótidos JC69, con mil réplicas de Bootstrap, el árbol se enraizó con *Scleroderma polyrhizum* FM213349. En todos los géneros se consideró informativo cuando el valor de bootstrap fue  $\geq 70\%$  y la probabilidad posterior fue  $\geq 0.9$ .

## Resultados y Discusión

Basados en caracteres filogenéticos, se identificó *Scleroderma cepa* s.l muestra identificada como st26, ubicándola en el género *Scleroderma* (Figura 1) en un clado con numerosas secuencias identificadas como *Scleroderma* sp. (FM213343, MG212207), *S. malcapinei* (EU218122), *S. laeve* (EU718117) o *S. cepa* (MT005950) con un buen soporte de (PPB=1, MLB=92). Estas secuencias junto con FM213354 y FM213343 son el grupo hermano de *S. areolatum* (PPB=1, MLB=78).

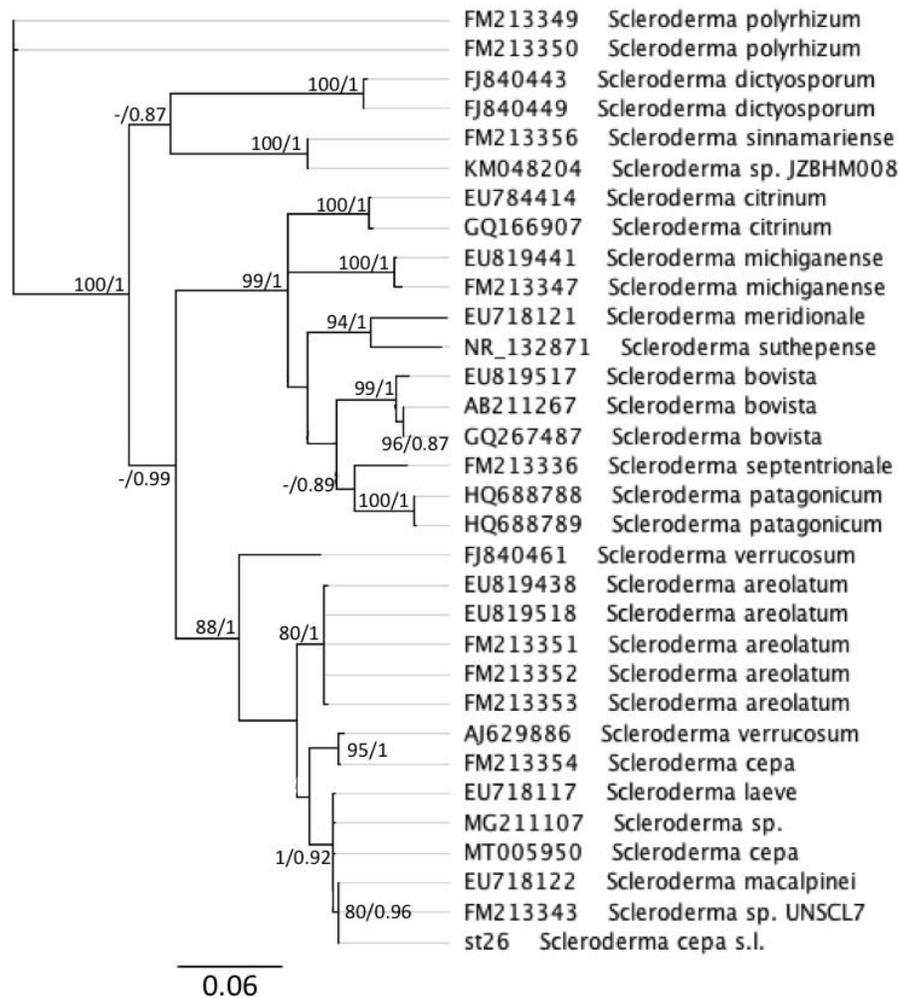


Figura 1. Árbol filogenético del género *Scleroderma* inferido bajo el modelo Bayesiano a partir de secuencias de ITS rDNA.

*Scleroderma* es un género de hongos gasteroides en la familia *Sclerodermateaceae* cosmopolita y simbiote, ectomicorrízico de distintos hospederos como *Castanea*, *Quercus*, *Fagus*, *Nothofagus*, *Pinus*, *Prunus* y orquídeas, con distribución desde zonas tropicales hasta zonas áridas (Phosri et al., 2009; Cruz et al., 2017; Gonzalez-Chávez et al 2018). Se ha registrado en Europa y Norteamérica, destacan reportes en Chile, Argentina, Brasil y Tailandia (Guzmán et al., 1983; Gurgel et al., 2008; Nouhra et al., 2012; Kumla, J et al., 2013; Cruz et al., 2017;).

En México, se tienen registros de 21 especies de *Scleroderma*, siendo la más común *S. nitidum* (Guzmán et al., 2013). Se tienen reportes de esporomas en la Costa del Pacífico, Puebla, Veracruz y en Chihuahua (Rivero et al., 1999; Gúzman et al., 2004; Tarango et al., 2004; González-Chávez et al., 2018). Además, en este último estado, se tienen registros de ectomicorrizas en huertas de nogal pecanero (Rivero et al., 1999; Tarango et al., 2004). Nuestros datos corroboran que se trata de un simbionte ectomicorrízico del nogal pecanero en La Comarca Lagunera de manera abundante y natural (Kumla, et al., 2013). Sobre *Scleroderma cepa* s.l. se tienen registros de cuerpos fructíferos en *Quercus pubescens* y *Fagus sylvatica* (Mrak, et al., 2017). Por la amplia y abundante distribución de *Scleroderma*, se propone muestrear más cantidad de cuerpos fructíferos en las huertas de nogal pecanero, tanto al sur de Estados Unidos como al norte de México, con el fin de aumentar conocimiento a la micorrización de *Carya illinoensis* con *Scleroderma* sp.

## Conclusiones

Por lo anterior concluimos que, dada la escasez de trabajos de identificación molecular de hongos ectomicorrizógenos asociados a nogal pecanero (*Carya illinoensis*), identificar este macromiceto es un avance importante para entender la diversidad y función de las huertas.

## Literatura Citada

- González-Chávez, B. P., Ojeda-Barrios, D. L., Hernández-Rodríguez, O. A., Martínez-Téllez, J., Núñez-Barrios, A. (2009). Ectomicorrizas en nogal pecanero. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(3), 138-146.
- González-Chávez, M. D., Torres-Cruz, T. J., Sánchez, S. A., Carrillo-González, R., Carrillo-López, L. M., Porras-Alfaro, A. (2018). Microscopic characterization of orchid mycorrhizal fungi: *Scleroderma* as a putative novel orchid mycorrhizal fungus of Vanilla in different crop systems. *Mycorrhiza*, 28(2), 147-157.
- Kumla, J., Suwannarach, N., Bussaban, B., Lumyong, S. (2013). *Scleroderma suthense*, a new ectomycorrhizal fungus from Thailand. *Mycotaxon*, 123(1)
- Marx, D. H., & Bryan, W. C. (1969). *Scleroderma bovista*, an ectotrophic mycorrhizal fungus of pecan. *Phytopathology*.
- Mrak, T., Kühdorf, K., Grebenc, T., Štraus, I., Münzenberger, B., Kraigher, H. (2017). *Scleroderma areolatum* ectomycorrhiza on *Fagus sylvatica* L. *Mycorrhiza*, 27(3), 283-293.
- Nouhra, E. R., Hernández Caffot, M. L., Pastor, N., Crespo, E. M. (2012). The species of *Scleroderma* from Argentina, including a new species from the Nothofagus forest. *Mycologia*, 104(2), 488-495.
- Tarango, R. S. 2004. Micorrizas en nogal pecanero y pistachero. Folleto Técnico No. 16 del INIFAP-Delicias. Centro de investigaciones regionales norte-centro campo experimental Delicias, agosto del 2004. Chihuahua, México. 39 p
- Tarango, R. S. (2004). Micorrizas en nogal pecanero y pistachero. Folleto Técnico, (16).
- Phosri, C., Martín, M. P., Watling, R., Jeppson, M., Sihanonth, P. (2009). Molecular phylogeny and re-assessment of some *Scleroderma* sp. (Gasteromycetes). In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 66, No. 1, pp. 83-91). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Smith, S. E., Gianinazzi-Pearson, V. (1988). Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 39(1), 221-244.

## **ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN DE LAS ZONAS ÁRIDAS DE MÉXICO BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y DOS HORIZONTES DE TIEMPO FUTURO**

Armando López Santos\*

Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, km 40 Carretera Gómez Palacio – Cd. Juárez, Chihuahua, Bermejillo, Durango, México. C.P. 35230. \*Autor de correspondencia: alopez@chapingo.uruza.edu.mx

### **Resumen**

El objetivo de la presente investigación fue: 1) estimar el impacto del cambio climático en la extensión actual de las zonas áridas de México hacia un futuro cercano (2021-2040) y medio (2041-2060) a partir del modelo CanESM5 del AR6 y dos forzantes radiativos: 2.6 y 8.5 W/m<sup>2</sup>. El territorio nacional mexicano fue considerado como unidad de estudio (UE); en este se integran 2,465 municipios en 32 entidades federativas, y se distinguen 351 áreas metropolitanas. El Impacto del Cambio Climático (AICC) para dos horizontes de tiempo futuro (2021-2040 y 2041-2060) implicó la necesidad de establecer una línea base de 30 años (1970-2000) definido como clima histórico. Los insumos del estudio consistieron en la identificación y descarga del repositorio del Worldclim (<https://www.worldclim.org/>) archivos tipo ráster a nivel global con resolución de 2.5° para dos rutas socioeconómicas globales (ssp, por sus siglas en inglés) o forzantes radiativos de 2.6 y 8.5 W/m<sup>2</sup>. Se empleó en modelo CanESM5 desarrollado por el Centro Canadiense de Modelación y Análisis del Clima. La extracción de la información de los archivos ráster para el AICC se llevó a cabo mediante software de acceso libre (Qgis, v3.10.8-A, Coruña). Las variables utilizadas fueron lluvia acumulada promedio anual y temperatura media anual para obtener el Índice de Aridez de DeMartonne, que define seis grados de aridez. La zonificación climática basado en datos históricos, indican que para las cuatro condiciones de clima seco comprenden 895,868 km<sup>2</sup> que representa el 45.7% del Territorio Nacional Continental (TNC), cuya distribución es: Hiperárido (4.1%), Semiárido (9.2%), y Semiárido Mediterránea (32%); en tanto que la superficie restante estimada en 1,063,380 km<sup>2</sup> que representa el 54.3% se compone por: Subhúmedo (21.8%), Húmedo (28%), e Hiperhúmedo (4.4%). Los resultados indican la posible expansión de las tierras secas del Norte y Centro de México, lo que representa una amenaza, especialmente para las zonas metropolitanas que puede manifestarse, entre otras cosas por escasez de agua para uso doméstico.

## **EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CONDICIONES DE ARIDEZ DE MÉXICO A PARTIR DE DOS MODELOS DE LA 6ª COMUNICACIÓN DEL IPCC**

Moisés Abraham Jaramillo Tenorio\* y Armando López Santos

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Ctra. Gómez Palacio - Chihuahua. CP 35230 Bermejillo, Durango, Méx. \*Autor de correspondencia: moises.jaramillo.tenorio@gmail.com

### **Introducción**

El concepto de cambio climático ha evolucionado a un estado de emergencia mundial; esto implica la necesidad de repensar las nuevas formas de conceptualizar el progreso, la explotación de recursos naturales, la conciencia respecto al medio ambiente (Chang, 2021). Las actividades agrícolas son particularmente sensibles a las condiciones climáticas y por tanto al cambio climático. La evidencia por diversos modelos y metodologías sobre la presencia de límites críticos de temperatura y precipitación, así como de su creciente variabilidad y los efectos adversos sobre los rendimientos agrícolas y otros aspectos relacionados con la productividad de la tierra es bastante sólida (Mendelsohn, 2007; IPCC, 2021). La FAO (2020) establece que las zonas áridas se caracterizan por una disponibilidad muy limitada de agua y grandes fluctuaciones de temperatura; su importancia radica en la magnitud de su extensión estimada en 43% de la superficie global. Antecedentes basados en modelos sobre el aumento de las zonas secas indican un 10% en el periodo del 1948-2008 y que para este siglo (XXI) podrá haber una expansión (Feng y Fu, 2013), siendo una proyección de desertificación hasta del 23% a finales de este siglo (Huang *et al.*, 2020). El objetivo de la presente investigación fue: determinar el impacto del cambio climático a partir de la relación precipitación/temperatura que definen un enfoque de la aridez bajo dos escenarios futuros (2021-2040) y dos forzantes radiativos: SSP-2.6 y SSP-8.5.

### **Materiales y Métodos**

La unidad de estudio fue el país de México, situado entre las coordenadas 32° y 14° norte y 86° y 118° oeste, con una superficie continental de 1'959,248 km<sup>2</sup>. Un país con una gran diversidad climática. La situación geográfica lo ubica en dos áreas diferenciadas por el trópico de Cáncer, que divide al país en dos zonas cuyos climas serían claramente distintos (una zona tropical y una templada) de tal manera que el relieve y la cercanía de los océanos tienen una influencia en la geografía de los climas en el país (INEGI, 2020). Los insumos empleados para el análisis de Impactos de Cambio Climático Futuro (ICCF) se obtuvieron de Worldclim (<https://www.worldclim.org/>), el cual es un repositorio con variables climáticas, abierto y libre, que ha permitido un desarrollo exponencial de los trabajos sobre biogeografía, macroecología y cambio climático en los últimos 10 años. Permite la descarga de 19 variables climáticas (Temperaturas máximas, medias y mínimas, así como precipitaciones e isotérmicas, entre otras) a diferentes resoluciones espaciales en formato ráster (Varela *et al.*, 2015).

De los nueve Modelos de Escenarios de Cambio Climático (MECC) disponibles en el Worldclim, se trabajó con dos de ellos (IPSL-CM6A-LR y MIROC-ES2L) para el periodo 2021-2040, y dos Rutas Socioeconómicas Globales (SSP por sus siglas en inglés) que representan desbalances del sistema terrestre, definidos como forzantes en magnitudes de 2.6 y 8.5 W/m<sup>2</sup>. El primero (SSP-2.6), representa un escenario de fuerte mitigación del cambio climático y bajas emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); en tanto que el segundo (SS-P8.5) representa emisiones de GEI al doble de las actuales (410 ppm). El MECC IPSL-CM6A-LR fue desarrollado por el Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) de Francia, el cual está basado en parametrizaciones avanzadas que superan los MECC del AR5, debido a que entre otras cosas incluyen la física oceánica, la dinámica hielo oceánico y la biogeoquímica marina (Boucher *et al.*, 2020). Por su parte, el MECC MIROC-ES2L es un modelo climático global desarrollado principalmente por la Universidad de Tokio y la Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología Marina-Terrestre; este modelo tiene como una de sus principales variables el ciclo del carbono que se manifiesta en la regulación de la concentración del CO<sup>2</sup> (Ito y Hajima, 2020).

Para ambos MECC se empleó como base de recorte el polígono que define límites del territorio nacional mexicano (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>), en escala 1:1'000,000. Para la zonificación climática se utilizó la relación de la lluvia/temperatura del siguiente modo:

$$IA_{DeM} = \frac{Ppm}{Tma + 10}$$

Donde  $IA_{DeM}$ , es el índice de aridez de De Martonne (1929);  $Ppm$ , es la precipitación media anual en mm;  $Tma$  es la Temperatura media anual en grados Celsius (°C); 10 es un valor constante utilizado para evitar valores negativos. La delimitación de rangos del  $IA_{DeM}$  da lugar a seis zonas climáticas: 1) 0-5 = Hiperárido; 2) 5-10 = Semiárido; 3) 10-20 = Semiárido mediterráneo; 4) 20-30 = Subhúmedo; 5) 30-60 = Húmedo; y 6) >60 = Hiperhúmedo.

La extracción de la información estadística por zonas de Aridez Histórica, así como de los MECC se llevó a cabo en Qgis, ver 3.10.8 mediante distintos módulos como: Raster-Extracción, Reclass, Vectorial-Geoproceso, y Poligonizar (Ráster-Vector), entre otros. Los datos obtenidos del shape como geometría de polígonos fueron corregidos en Excel tomando como base la superficie del territorio nacional.

## Resultados y Discusión

En el escenario 1 'IPSL-CM6A-LR ssp126' (Figura 1B) hubo variaciones que favorece los cambios sobre el histórico (Figura 1A), en las zonas hiperáridas con un incremento del 9.4%, las semiáridas con un 8.1%, semiáridas mediterráneas con un 0.7% apenas perceptible, así como para la condición de zonas subhúmedas con un 1.3% de aumento en las áreas, en cuanto a las condiciones húmedas e hiperhúmedas por consecuente redujeron sus áreas en un -2.4% y -21.7% respectivamente, contraste a los datos históricos del periodo de 1970-2000 (Tabla 1).

Siendo así en el escenario 2 'IPSL-CM6A-LR ssp585' (Figura 1C) las variaciones fueron un poco más equivalentes, de modo que la condición semiárida solo aumento un 2.3% de las áreas, en cuanto a las semiáridas y semiáridas mediterráneas aumentaron en un 3.9% y 3.2% respectivamente, mientras que la condición subhúmeda fue la que más aumento tuvo con un 5.2%, de igual manera este cambio conlleva que las condiciones húmedas e hiperhúmedas hayan reducido sus áreas en un -6.6% y -21.6% en relación con el dato histórico (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis comparativo de cambios de superficie del MECC IPSL-CM6A para el 2021-2040 sobre histórico

Zona Climática	Histórico superf. (Km <sup>2</sup> )	ssp126 (Km <sup>2</sup> )	ssp585 (Km <sup>2</sup> )
Hiperárido (0-5)	81,712	89,401	83,564
Semiárido (5-10)	179,710	194,298	186,799
Semiárido Med. (10-20)	634,802	639,075	658,283
Subhúmedo (20-30)	426,923	432,539	449,222
Húmedo (30-60)	549,613	536,229	513,551
Hiperhúmedas (>60)	86,488	67,706	67,830

Superficies recalculadas considerando el dato INEGI (2020)

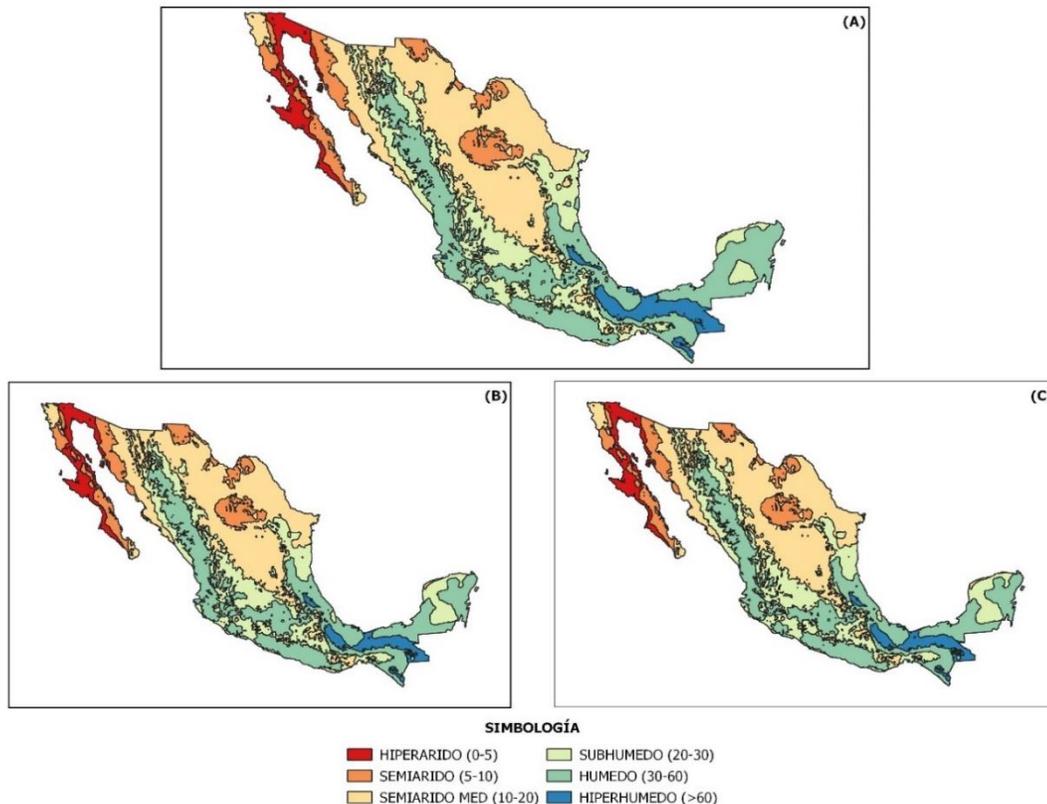


Figura 1. Zonas climáticas y su distribución en el territorio nacional, escenario histórico (A); estimaciones del modelo IPSL-CM6A ssp126 (B) y ssp585 (C) para escenarios futuros del 2021-2040.

En cuanto al escenario 3 'MIROC-ES2L ssp126' (Figura 2B), tuvo un indicador de una reducción del -3.4% de áreas hiperáridas para este escenario, no obstante, la condición semiárida tuvo un aumento de áreas hasta del 10.3% y del mismo modo la condición semiárida mediterránea del 5%, de este modo las condiciones subhúmedas, húmedas e hiperhúmedas redujeron sus áreas en cantidades del 0.8%, 6% y 13% respectivamente (Tabla 2). Para el escenario 4 'MIROC-ES2L ssp585' (Figura 2C) las condiciones de cambio fueron equitativas, desafortunadamente las áreas correspondientes a hiperáridas, semiáridas, semiáridas mediterráneas ganaron terreno en 19.2%, 26.2% y 7.4% respectivamente, siendo este escenario el más extremo en contraste al resto; mientras que las condiciones subhúmedas, húmedas e hiperhúmedas redujeron sus áreas en -1.7%, -15.2% y -21.6% respecto al histórico (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis comparativo de cambios de superficie del MECC MIROC-ES2L para el 2021-2040 sobre histórico

Zona Climática	Histórico superf. (Km <sup>2</sup> )	ssp126 (Km <sup>2</sup> )	ssp585 (Km <sup>2</sup> )
Hiperárido (0-5)	81,712	78,971	97,378
Semiárido (5-10)	179,710	198,189	226,792
Semiárido Med. (10-20)	634,802	666,635	681,703
Subhúmedo (20-30)	426,923	423,708	419,683
Húmedo (30-60)	549,613	516,503	465,859
Hiperhúmedas (>60)	86,488	75,242	67,832

Superficies recalculadas considerando el dato INEGI (2020)

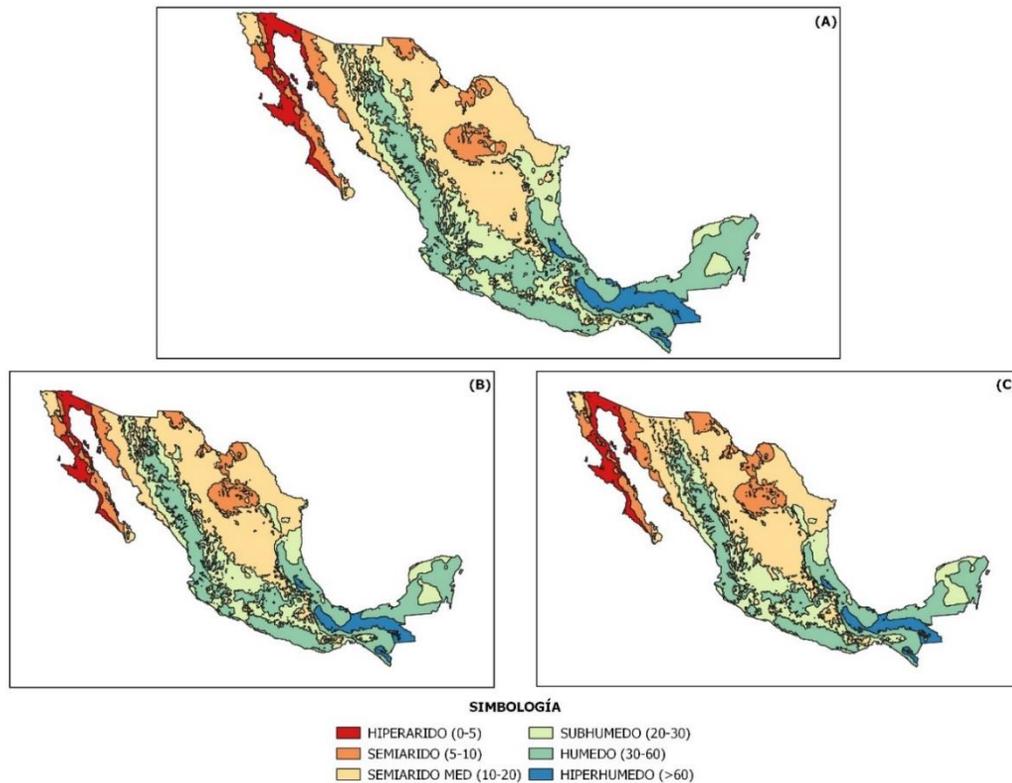


Figura 2. Zonas climáticas y su distribución en el territorio nacional, escenario histórico (A); estimaciones del modelo MIROC-ES2L ssp126 (B) y ssp585 (C) para escenarios futuros del 2021-2040.

Los resultados mostrados en este breve análisis son coincidentes con estudios previos sobre el impacto del cambio climático para las zonas áridas, tanto a nivel continental (Huang *et al.*, 2020) como en México para el futuro cercano (Monterroso-Rivas y Gómez-Díaz, 2021).

### **Conclusión**

Estos resultados de los MECC evidencian un notable impacto del cambio climático en México, efectos causados por la ausencia de precipitaciones, así como por el aumento de las temperaturas, dichas variaciones causan una alteración en las zonas climáticas, de manera que aparentemente las zonas áridas son las más beneficiadas al incrementar su demarcación en el país, siendo lo contrario con las zonas húmedas, para el posible escenario futuro del 2021-2040.

## Literatura Citada

- Boucher, O., Servonnat, J., Albright, A. L., Aumont, O., Balkanski, Y., Bastrikov, V., ... & Vuichard, N. (2020). Presentation and evaluation of the IPSL-CM6A-LR climate model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(7), e2019MS002010.
- Chang D., R. (2021). La dicotomía de la bancarrota ecológica y la industria espacial.
- FAO. (2020). 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. Disponible en: <http://www.fao.org/3/nd412es/nd412es.pdf>
- Feng, S., & Fu, Q. (2013). Expansion of global drylands under a warming climate. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(19), 10081-10094.
- Huang, J., Zhang, G., Zhang, Y., Guan, X., Wei, Y., & Guo, R. (2020). Global desertification vulnerability to climate change and human activities. *Land Degradation & Development*, 31(11), 1380-1391.
- INEGI. (2020). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2020. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825197506>
- IPCC (2021). 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, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Ito, A. y Hajima, T. (2020). Impactos biogeofísicos y biogeoquímicos del cambio de uso de la tierra simulado por MIROC-ES2L. *Prog Earth Planet Sci* 7, 54 <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00372-w>
- Martonne, E. D. (1929). L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 3(9), 3-5.
- Mendelsohn, R., y Dinar, A. (2007). Chapter 60 Past Climate Change Impacts on Agriculture. In *Agricultural Development: Farmers, Farm Production and Farm Markets* (Vol. Volume 3, pp. 3009–3031). Elsevier. Retrieved from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157400720603060X>.
- 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>
- Varela, S., & Terribile, LC, & de Oliveira, G., & Diniz-Filho, JAF, & González-Hernández, J., & Lima-Ribeiro, MS (2015). ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. *Ecosistemas*, 24 (3), 88-92. [Fecha de Consulta 25 de Julio de 2021]. ISSN: 1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54043399011>

## **LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE LOS ESTADOS ÁRIDOS DEL NORTE DE MÉXICO EN EL PERIODO 1985-2020**

Arturo Chong Eslava

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, \*Autor de correspondencia: achonge@chapingo.mx

### **Introducción**

En los estados áridos del norte de México la temperatura y la precipitación se han modificado en el periodo de 1985 a 2020. La temperatura se incrementó en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas y Durango en este periodo. La precipitación ha aumentado en algunos estados y ha disminuido en otros. Los cambios de estas dos variables han sido diferentes, lo que se debe muy posiblemente a la posición geográfica de los estados, ya sea por su cercanía al mar y/o el efecto de corrientes de vientos, y/o su altitud. Este efecto diferente afectará favorablemente en algunos casos y desfavorablemente en otros a los cultivos, principalmente los básicos. Se estableció el cambio de las temperaturas y precipitación en los estados áridos del norte de México, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas, en el periodo de 1985 y 2020. Así mismo, se determinó el cambio de las precipitaciones en los estados mencionados. Aunque las temperaturas probablemente seguirán aumentando, las precipitaciones variarán posiblemente en concordancia a la posición geográfica de los estados. Estos cambios afectarán posiblemente en forma benéfica a los cultivos y en otros casos no.

### **Materiales y Métodos**

Se determinó el cambio de la temperatura (promedio anual) y precipitación (anual) en el periodo de 1985 a 2020, de los estados áridos del norte de México, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas. Se comparó el promedio de los primeros cinco años (1985-1989) con el de los últimos cinco años (2016-2020), para determinar su tendencia. La temperatura y precipitación se obtuvieron del Sistema Meteorológico Nacional (CONAGUA, 2021). Se estableció el efecto de la posición geográfica de los estados mencionados con la tendencia de estas dos variables. Se especula cuál puede ser el efecto sobre los cultivos.

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta la comparación de la temperatura promedio anual entre 1985-1989 y 2016-2020. En todos los estados áridos se incrementó la temperatura promedio anual, aunque no fue con la misma proporcionalidad. El estado donde la diferencia entre el inicio (1985-1989) y el final (2016-2020) fue más marcada es Coahuila (+3.1 °C) y donde fue menor es Zacatecas (+0.82 °C). En el Cuadro 2 se muestra la diferencia de las precipitaciones anuales. En los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa, Sonora y Zacatecas, se observó incremento de precipitaciones, mientras que en Baja California, Coahuila y Durango disminuyeron. El Cambio Climático ha provocado los cambios en la temperatura y precipitación observados en estos estados, aunque en forma diferente.

El diferente cambio de la temperatura y precipitación se debe posiblemente a la posición geográfica de cada uno de ellos. Baja California, Coahuila, Chihuahua y Durango, que tuvieron el mayor incremento de la temperatura (+2.4, +3.1, +2.8 y 2.0 °C, respectivamente), Coahuila, Chihuahua y Durango, posiblemente por ser los estados que se encuentran más tierra adentro, lejos del mar, ocupando el área del Altiplano Mexicano, más al norte, entre las dos sierras madres, Oriental y Occidental, con relieve plano, como mencionan Hernández, et. al., (2017). En Coahuila y Durango la disminución de precipitación (-11.2 y -30.1 mm, respectivamente, se puede atribuir igualmente a su lejanía del mar y relieve. En Chihuahua se incrementó la precipitación (+22.3 mm), posiblemente por precipitaciones sobre sus municipios ubicados en parte en la Sierra Madre Occidental en la división estatal con Sonora, donde también en la vertiente oriental precipita agua, que incrementaron el promedio estatal. La disminución de la precipitación de Baja California (-32.6 mm) es por su posición más al norte del país, y aunque se encuentra rodeada de mares, no se calientan lo suficiente para provocar lluvias en su interior.

En los estados de Sinaloa, Sonora y Zacatecas el incremento de temperatura ha sido más moderada (+1.5, +1.1 y +0.8 °C, respectivamente), por posiblemente el sombreado de las nubes de lluvias, ya que su precipitación se incrementó (+162.1, +69.1 y +0.8 mm, respectivamente). La precipitación se incrementó en estos estados por la influencia de agua que se evapora del mar, las tormentas tropicales y huracanes que se están formando más frecuentemente, o pasan enfrente de sus costas y encontrarse bajo la influencia de vientos dominantes, la corriente de chorro, que en el verano empujan las nubes tierra adentro y las montañas de la Sierra Madre Occidental, donde preferentemente la humedad precipita, en ambas vertientes. La Figura 1 (CONAGUA, 2021), se muestra que principalmente durante el verano se introduce humedad del Océano Pacífico que, por posiblemente el efecto del Cambio Climático, sus aguas se han calentado más, evaporándose más agua, y el efecto de vientos en sentido occidente oriente, las corrientes de chorro, que empujan especialmente aire con humedad dentro del territorio nacional en esos estados. En Baja California Sur, su incremento moderado de temperatura (+1.8 °C) e incremento de precipitación (+42.1 mm), ocurre por estar más al sur, donde también pasan frecuentemente depresiones o tormentas tropicales o huracanes, que a veces llegan a tocar su territorio.

Cuadro 1. Diferencia de la temperatura promedio anuales (°C) entre 1985-1989 y 2016-2020 de los estados áridos del norte de México.

°C	Baja California	Baja California Sur	Coahuila	Chihuahua	Durango	Sinaloa	Sonora	Zacatecas
1985-1989	18.5	22.3	19.1	16.4	16.8	24.5	21.9	17.1
2016-2020	20.9	24.1	22.2	19.2	18.8	26.0	23.0	17.9
Diferencia	+2.4	+1.8	+3.1	+2.8	+2.0	+1.5	+1.1	+0.8
Promedio 1985-2020	19.4	22.9	20.8	17.9	17.7	25.1	22.4	17.2

Cuadro 2. Diferencia de la precipitación anual (mm) entre 1985-1989 y 2016-2020 de los estados áridos del norte de México.

mm	Baja California	Baja California Sur	Coahuila	Chihuahua	Durango	Sinaloa	Sonora	Zacatecas
1985-1989	189.7	140.2	371.0	415.3	490.9	640.3	417.4	453.8
2016-2020	157.1	182.3	359.8	437.6	460.8	802.4	486.5	482.7
Diferencia	-32.6	+42.1	-11.2	+22.3	-30.1	+162.1	+69.1	+28.9
Promedio 1985-2020	188.3	189.9	396.3	449.3	463.9	712.0	427.3	510.0

En los Cuadros 1 y 2, se considera el periodo de 1985 a 2020 que, aunque se han presentado los fenómenos del Niño y Niña, el fenómeno del cambio climático se ha manifestado con incremento ligero de la temperatura en todos los estados, e incremento de precipitación en algunos o disminución en otros, de acuerdo a su posición geográfica y la influencia de vientos.

Estas diferencias en cambio de temperatura y precipitación podrán tener efecto desfavorable o favorable en los cultivos, principalmente los básicos cultivados en temporal, como maíz y sorgo, principalmente. En algunos de los estados áridos del norte de México, en algunas regiones, faltará agua y en otros posiblemente el ciclo se alargue, por tardía presencia de heladas y haber más disponibilidad de agua de lluvias.

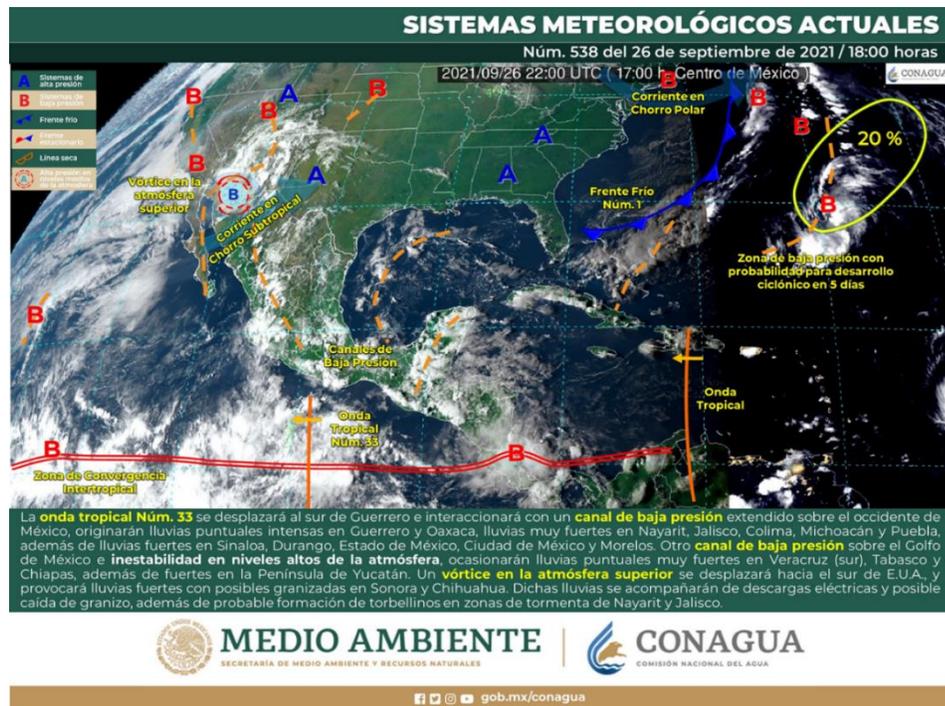


Figura 1. Efecto del Cambio Climático sobre la evaporación de agua al sur y occidente de México del Océano Pacífico en el verano y la corriente de chorro, provocando en algunos estados áridos del norte del país incremento de las precipitaciones. Figura obtenida en el sitio del Sistema Meteorológico Nacional (Conagua, 2021), para apoyar la explicación del efecto del mayor calentamiento de las aguas del mar y efecto de los vientos.

## Conclusión

Aun cuando el Cambio Climático provoca incremento de temperatura promedio de los estados áridos del norte de México, en el periodo de 1985 a 2020, en algunos de ellos se ha incrementado la precipitación anual y en otros ha disminuido. Este efecto diferente se debe a su posición geográfica e influencia de vientos, con respecto al mar e influencia de vientos dominantes.

## Literatura Citada

Hernández S. J. R., J. L. Pérez D., F. Rosete V., M. Villalobos D., A. P. Méndez L., y E. Navarro S. 2017. Clasificación geomorfométrica del relieve mexicano: una aproximación morfográfica por densidad de curvas de nivel y la energía del relieve. Investigaciones Geográficas Instituto de Geografía • UNAM. ISSN (digital): 2448-7279 DOI: [dx.doi.org/10.14350/rig.57019](https://doi.org/10.14350/rig.57019)

Núm. 94. [www.investigacionesgeograficas.unam.mx](http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx).

Sistema Meteorológico Nacional. 2021. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/>.

## **CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA EN SEMILLAS DE *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (BIZNAGA DULCE O BIZNAGA BURRA)**

Rubén I. Martínez-Gutierrez<sup>1</sup>, Víctor M. Villanueva-Coronado<sup>1</sup>, Mario E. Vázquez-Badillo<sup>1</sup>,  
Adriana Antonio-Bautista<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista Saltillo Coahuila C.P 25315. <sup>2</sup>CINVESTAV-UNIDAD Saltillo, Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Ramos Arizpe, Coahuila C.P 25900. adis\_anba@hotmail.com

### **Introducción**

Las cactáceas son plantas originarias y endémicas del continente americano, se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas; México, se ubica como el país que alberga la mayor cantidad de especies de esta familia (Glafiro J. Alanís F, *et al.* 2008). *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto conocida como biznaga dulce o burra es una cactácea endémica de México, utilizada tradicionalmente para la elaboración del acitrón y como forraje para el ganado. Produce flores durante todo el año, pero principalmente en los meses cálidos y húmedos (de julio a septiembre) (Jiménez-Sierra y Torres-Orozco. 2003). En México ésta especie se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría "sujeta a protección especial" (SEMARNAT, 2010). Entre los casos más críticos de afectación a las especies y sus poblaciones se ha registrado el saqueo, que es efectuado por extranjeros y por pobladores de las localidades con mayor riqueza de especies (Martínez Ruth j. *et al.* 2007). La propagación por semillas es el mejor método que poseen para asegurar su prevalencia (Castillo-Reyes *et al.*, 2014; Guillen *et al.*, 2014). Por ello resulta fundamental estudiar aspectos relacionados con la reproducción sexual de familia *Cactaceae*, entre ellas *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (SEMARNAT, 2010). Los estudios morfológicos y microestructurales de las semillas, pueden determinar las estructuras tegumentarias externas e internas que presentan como adaptaciones para su dispersión en ambientes semiáridos (Elizondo-Elizondo *et al.*, 1994). Por lo anterior y debido a la escasa información sobre las características morfométricas de semillas de *Echinocactus platyacanthus*, el objetivo de la presente investigación fue determinar las características morfométricas de las semillas de *E. platyacanthus*.

### **Materiales y Métodos**

Las semillas se obtuvieron de frutos que fueron colectados en plantas de una población natural, en el ejido Buñuelos del municipio de Saltillo Coahuila, (25° 3'33.07"N, 101°14'0.40"O). Posteriormente fueron llevados al laboratorio de producción y almacenamiento de semillas de la UAAAN, se tomaron 10 frutos al azar. Para la extracción de semillas se llevó a cabo un macerando en seco por fruto y se eliminó el musilago seco con un soplador de semillas. Se tomaron al azar por cada fruto cuatro repeticiones de 25 semillas para obtener los datos morfométricos.

Para obtener los datos de largo, ancho y espesor de las semillas se utilizó un calibrador vernier digital (Marca: Fisher Brand), además por cada fruto se pesaron siete repeticiones de 100 semillas con una balanza analítica (modelo aventure Pro AV264, marca OHAUS) para obtener el peso promedio. Con la ayuda de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ) se obtuvieron datos de textura y forma según el catálogo de Murley, 1951 adaptado por Davis en 1993, el color se obtuvo de acuerdo con la tabla de colores de Munsell y se realizaron gráficas de frecuencia. Para el análisis estadístico de las variables de ancho, largo y espesor se realizó una prueba de Kruskal-Wallis.

## Resultados y Discusión

En tamaño, el largo de las semillas mostró diferencias significativas ( $H = 18$ ;  $p > 0.05$ ) Para ancho y espesor no se encontraron diferencias significativas ( $H = 4.90$ ;  $p < 0.05$ ) y ( $H = 4.63$ ;  $p < 0.05$ ) respectivamente y para peso se encontró diferencias significativas ( $H = 30.36$ ;  $p > 0.05$ ), (cuadro 1).

El análisis de diferentes grupos de semillas de la especie, de acuerdo al tamaño de las semillas estudiadas tiene una relación entre sí, dado que ninguna tiene diferencias notorias como para clasificarlas en dos grupos con excepción del color. En esta especie los tamaños de semillas se consideran pequeñas ( $2.15 \pm 0.08$  mm de longitud;  $1.56 \pm 0.06$  mm de espesor,  $1.10 \pm 0.04$  mm de espesor y un peso de  $2.30 \pm 0.05$ mg).

Cuadro 1. Dimensiones analizadas en la prueba de Kruskal-Wallis.

Fruto	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso De 100s (mg)
1	2.22	1.56	1.06	239.6
2	2.08	1.56	1.08	239.6
3	2.06	1.62	1.14	224.8
4	2.24	1.56	1.12	230.8
5	2.08	1.54	1.08	224.9
6	2.26	1.52	1.10	238.6
7	2.02	1.58	1.08	223.8
H	18	4.9	4.63	30.36

Valores medios ( $H > 5$  = existen diferencias significativa;  $H < 5$  No existen diferencias significativa), diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas.

Según la figura 1a el promedio del largo fue de (2.13 mm), del ancho (1.56 mm) y en la figura 1b el promedio del espesor (1.09 mm), la forma de la semilla con la cara frontal es ovada 6:5 como se observa en la figura 1c.

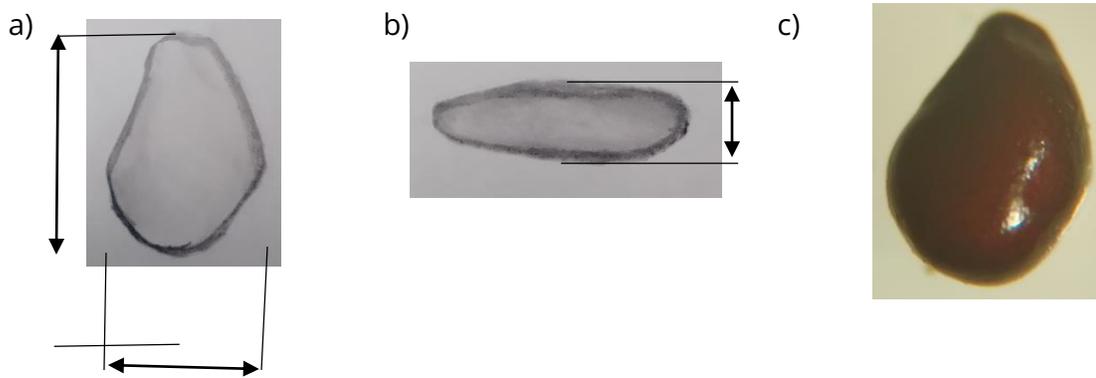


Figura 1. Representación gráfica de la medición, a) ancho y largo, b) espesor (vista lateral-acostada de la semilla) realizado por Martínez-Gutiérrez Rubén I. c) vista frontal de una semilla capturada a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ) 2X

De acuerdo con la figura 2, se determinó que la textura es areolada.

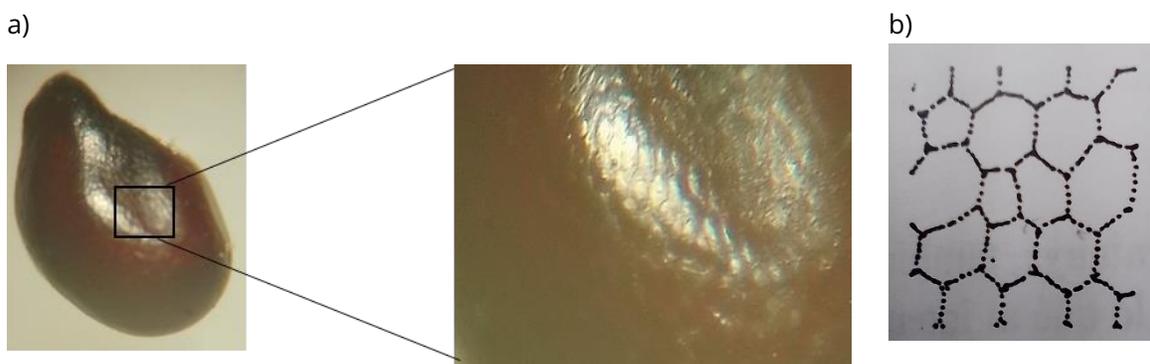


Figura 2. a) Foto de una semilla capturada a 2X y después a 4x para una mejor vista de la textura a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ), b) textura registrada según el catálogo de Murley, 1951.

El color que se observaron fue el negro (con clave: 10yr-2/1) y Rojo muy oscuro (con clave: 5R-2.5/2), basado en el catálogo de Munsell, (figura 3a y figura 3b). En la figura 4 se puede observar que el color negro se presenta con mayor frecuencia que las semillas de color rojo muy oscuro. Según (Ruiz-P. Adicruz, et al. 2021) el color más frecuente observado para las semillas de *Echinocactus platyacanthus* que ellos estudiaron fue negro.



Figura 3. a) Foto de dos semillas, b) Foto de una semilla por separado para la determinación del color capturada 2X a través de un estereoscopio (modelo DV4, marca ZEIZZ).

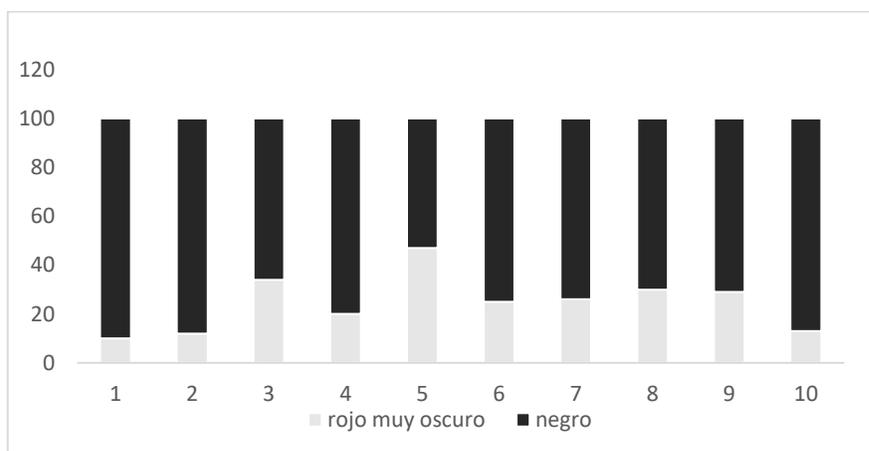


Figura 4. Gráfica para determinar la frecuencia del color en semillas.

## Conclusión

Las semillas de *Echinocactus platyacanthus*, morfológicamente posee forma ovada u ovoide, el tamaño oscila entre 2.15 mm de longitud; 1.56 mm de espesor, 1.10 mm de espesor y un peso de 2.30 mg considerándose un tamaño pequeño, la textura es areolada. La semilla de *E. platyacanthus* presenta dos tipos de color el negro y el rojo muy oscuro siendo el más frecuente el negro.

## Agradecimiento

Agradecemos a la a la secretaria del medio ambiente por el apoyo financiero y facilidades para realizar este trabajo en la obtención del material biológico y de la información.

## Literatura Citada

- Catillo-Reyes, F., J. D. Sánchez-Chaparro, S. E. Rangel-Estrada, J. Canul-Ku. 2014. Efecto de microorganismos en la promoción de la germinación de semillas de la cactácea *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto. *Interciencia* 39(12): 863-867.
- Chávez-Martínez R. J., Hernández-Oria J. G., Sánchez-Martínez E. Documentación de factores de amenaza para la floracactológica del semidesierto queretano *Bol. Nakari* 2007, 18(3): 89-95
- Elizondo-Elizondo, J.; J. Valdés, S. Arias, y L.S. Hatch, 1994. "Micromorfología de las semillas de algunas cactáceas de la tribu Cacteeae (Cactaceae)". *Cact. Suc. Mex.*, 39(3): 59-67.
- Glafiro J. Alanís Flores, Carlos G. Velazco Macías, Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México, *Ciencia UANL / VOL. XI, No.1, Pág. 6-8, 2008*
- Jiménez-Sierra, C., R. Torres-Orozco. 2003. Estado actual de las poblaciones de la biznaga dulce *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en el SE de Puebla. *Contactos* 47: 28-34.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). NOM-059-ECOL Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de Riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación* 6 marzo de 2002. Ciudad de México.
- Ruiz-Pérez Adicruz; Vázquez-Díaz Erasmo; Ibarra-Moncada Ma. Carmen; García-Nava José R. calidad de semilla y sobrevivencia de plántulas de *Echinocactus platyacanthus* de tres regiones de México, *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 44 (1): 33 - 40, 2021

## **USO DE IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN PARA CUANTIFICAR EL IMPACTO DE LA GANADERÍA EN UN AGOSTADERO EN EL MUNICIPIO DE HIDALGO, ESTADO DE DURANGO, MÉXICO**

Ederson Steven Cobo-Muelas<sup>1\*</sup>, José Manuel Cisneros Vázquez<sup>2</sup>,  
Gonzalo Hernández-Ibarra<sup>2</sup>, Pablo Arenas Báez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante del Programa Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas de la URUZA-UACH. <sup>2</sup> Profesor Investigador de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. CP 35230 Bermejillo, Durango, México. \*Autor para correspondencia: edersonsteven28@gmail.com

### **Introducción**

La ganadería es una de las actividades primarias de mayor impacto ambiental a nivel mundial. Sin embargo, la expansión y manejo inadecuado de este sistema de producción ha generado el deterioro de ecosistemas, provocando pérdida de biodiversidad (Trigo et al., 2020). Actualmente la teledetección es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales que se han producido a través del tiempo por diferentes actividades antrópicas (Instituto Geográfico Nacional, 2018). El presente estudio se realizó en un ecosistema de zonas áridas donde se desarrollan principalmente actividades ganaderas, permitiendo analizar el impacto ambiental que ejerce esta actividad sobre la cobertura vegetal en el municipio de Hidalgo, Durango. Esto se llevó a cabo con un análisis multitemporal de dos predios (interno y externo) de un agostadero, usando imágenes satelitales Landsat (USGS), en el periodo comprendido entre 2010 y 2021 y para PlanetScope (planet.com) para el periodo entre 2016-2020. Se encontró que, no se presenta una diferencia significativa entre los valores NDVI de ambos predios. Sin embargo, en los mapas de NDVI anual se evidencia el cambio ejercido por la ganadería sobre el desarrollo de la cobertura vegetal, donde los valores más altos corresponden al área aislada al pastoreo. Por lo tanto, la exclusión de predios en agostaderos permite la regeneración de áreas degradadas por la sobreexplotación de sistemas ganaderos.

### **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en un agostadero del municipio de Hidalgo, Durango, sobre las coordenadas 25°85'33.8" latitud norte, 104°48'33.7" longitud oeste y a una altitud de 1745 msnm (Municipios de México, 2021). Del cual se evaluó un agostadero, seleccionando dos áreas de estudio; una de ellas un área excluida al pastoreo desde 2010 y otra área contigua al terreno que esta al libre pastoreo.

Se realizó el análisis multitemporal del impacto de la ganadería sobre la vegetación para el periodo 2000 a 2021, mediante el procesamiento de 12 imágenes satelitales de Landsat 5 y 8 (USGS) correspondientes al path 030 y row 042, y PlanetScope (planet.com) para el periodo 2016-2021. Para ambos conjuntos de imágenes se descargaron conjuntos de datos corregidos geométrica y atmosféricamente. Con los valores de reflectancia de superficie con el programa QGIS se calculó el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI) (Rouse, 1976) para los dos polígonos del área de estudio, el cual el primero estaba comprendido un área de exclusión a la ganadería de aproximadamente diez años, y el segundo polígono un área de pastoreo. Esto permitió analizar los diferentes resultados del índice en los polígonos durante el periodo temporal analizado en el estudio.

Cuadro 1. Características de las imágenes satelitales usadas en el estudio.

Sensor	Fecha de adquisición	Identificación	Resolución espacial	Resolución radiométrica	Resolución espectral
Landsat 5	22-07-2000	LT05_L2SP_031042_20000722_20200907_02_T1	30 metros	8 bits	7 bandas
	03-08-2010	LT05_L2SP_031042_20100803_20200823_02_T1			
	15-08-2011	LT05_L2SP_030042_20110815_20200820_02_T1	30 metros	8 bits	8 bandas
Landsat 8	04-08-2013	LC08_L2SP_030042_20130804_20200912_02_T1	30 metros	12 bits	11 bandas
	23-08-2014	LC08_L2SP_030042_20140823_20200911_02_T1			
	02-09-2015	LC08_L2SP_031042_20150902_20200908_02_T1			
	03-08-2016	LC08_L2SP_031042_20160803_20201015_02_T1			
	16-09-2017	LC08_L2SP_030042_20170916_20200903_02_T1			
	18-08-2018	LC08_L2SP_030042_20180818_20200831_02_T1			
	21-08-2019	LC08_L2SP_030042_20190821_20200827_02_T1			
	14-08-2020	LC08_L2SP_031042_20200814_20200920_02_T1			
	18-09-2021	LC08_L2SP_031042_20210918_20210925_02_T1			
Planet Scope	22-10-2016	20161022_164615_0e26_3B_AnalyticMS	3 metros	16 bits	4 bandas
	15-10-2017	20171015_165453_0f12_3B_AnalyticMS			
	13-10-2018	20181013_170654_1010_3B_AnalyticMS			
	19-10-2019	20191019_173014_69_1057_3B_AnalyticMS			
	10-10-2020	20201010_151023_1_1050_3B_AnalyticMS			
	25-09-2021	20210925_164346_46_2420_3B_AnalyticMS			

## Resultados y Discusión

La teledetección actualmente genera aportes importantes al medio ambiente, mediante la capacidad para el seguimiento de fenómenos y procesos dinámicos (Chuvienco Salinero, 1998). Los resultados obtenidos con el análisis de las imágenes permitieron determinar que para el año 2000 (figura 1) las áreas de estudio presentan valores similares de NDVI, debido a que para esa fecha no había exclusión del predio, por lo que la ganadería ejercía una presión sobre estas áreas. Esto ya que el sobrepastoreo genera un impacto significativo en la cobertura vegetal, pérdida de biodiversidad, degradación del suelo, destrucción de hábitats, por procesos de deforestación y exceso de la capacidad de carga del ecosistema (Gerber et al., 2013; Lira & Briones, 2011; Mora et al., 2013; Trigo et al., 2020). A partir de los años 2010 a 2021 en la zona de estudio se logró evidenciar que la exclusión del predio interno está permitiendo la regeneración de la cobertura vegetal, este reflejado en los mapas donde los valores NDVI son más altos que el predio externo expuesto al pastoreo de ganado (figuras 1).

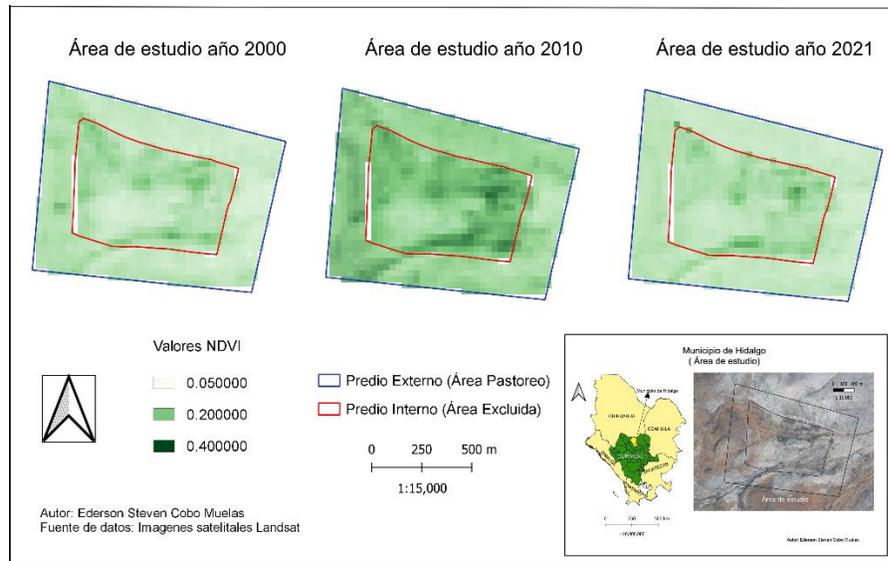


Figura 1. Comparación del NDVI de imágenes Landsat 5,7 y 8 para los años 2000, 2010 y 2021 del área de estudio.

La estrategia de áreas de exclusión de la ganadería es efectiva en la regeneración de coberturas vegetales, aunque el tiempo depende del tipo de ecosistemas y su estado de degradación, del cual a nivel mundial está entre 20 y 40 años (Funk et al., 2012). Por lo que al realizar el análisis estadístico mediante la prueba de U de Mann-Whitney se determinó que no existe una diferencia significativa entre ambos predios, esto comprendido en el resultado el cual  $p > 0.5$  (Cuadro 1). Lo anterior debido a que el predio aún se encuentra en regeneración y más marcado por las condiciones ambientales de ecosistemas áridos, por lo que su proceso de recuperación es a largo plazo. Aun cuando, los ecosistemas áridos tienen una buena capacidad de regeneración, esta puede verse afectada por fenómenos naturales (sequías) o antrópicas como el sobrepastoreo o exceso en la capacidad de carga del ecosistema, que pueden retardar su recuperación (Gamoun et al., 2015).

Cuadro 1. Prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney para el NDVI del predio interno y externo durante el periodo comprendido entre el 2000 y 2021 de imágenes Landsat y PlanetScope.

Estadísticos de contraste<sup>a</sup>

	NDVI
U de Mann-Whitney	55.000
W de Wilcoxon	133.000
Z	-.992
Sig. asintót. (bilateral)	.321
Sig. exacta [ $2^*$ (Sig. unilateral)]	.347 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Predio

b. No corregidos para los empates.

La diferencia en los resultados de NDVI en el predio interno y externo es evidente, sin embargo, estos presentaron variaciones anuales, donde en algunos años las diferencias en valores de NDVI eran más significativas que en otros (cuadro 2). Estas variaciones están influenciadas por diferentes procesos tanto naturales como antrópicos (Trujillo-Acatitla, 2019). Al ser un ecosistema árido se cree que las precipitaciones es una variable importante para el crecimiento de la vegetación, el cual para este tipo de ecosistemas en México es incorrecto (Colditz et al., 2017). Ya que el incremento en el verdor de la vegetación no está limitado por las lluvias (Gómez-Mendoza, 2013). Por lo tanto, precipitaciones acumuladas sobre todo en verano no tienen un efecto significativo positivo en los valores NDVI, lo que explica que la disponibilidad de agua no es un factor limitante en el crecimiento de la vegetación (Alatorre et al., 2014).

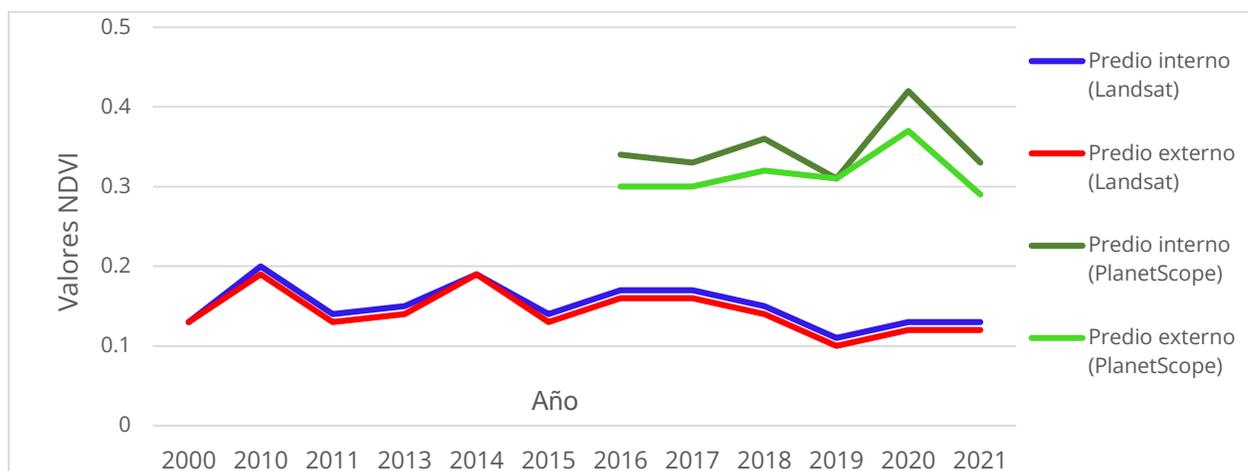


Figura 2. Valores NDVI de imágenes Landsat y PlanetScope para el periodo comprendido entre el 2000 y 2021.

Los valores NDVI para imágenes Landsat y PlanetScope analizadas durante el periodo 2016 a 2021, presentaron diferentes variaciones tanto por año como por áreas de estudio (predio interno y externo, aunque siempre presentando valores altos en el predio interno que el externo (figura). Esto influenciado como se mencionó con anterioridad a las condiciones ambientales y antrópicas de la zona.

## Conclusiones

En el agostadero estudiado definido por un área de exclusión (predio interno) y un área de pastoreo (predio externo) se logró evidenciar en los mapas obtenidos, que la ganadería ejerce una presión sobre el desarrollo y crecimiento de la cobertura vegetal. Esto enmarcado en las diferencias de NDVI visualizadas en los mapas de cada año, el cual presento un comportamiento de valores más altos para el predio excluido que para el área de pastoreo.

El análisis multitemporal de índices de vegetación usando diferentes resoluciones espaciales (Landsat 30m y PlanetScope 3m) mostro que el área de estudio presento valores más altos de NDVI a partir de 2010 que fue cuando se excluyó el predio al pastoreo en comparación con el área en la que no se tiene la exclusión. Sin embargo, estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los valores NDVI de los predios internos y externos, este comportamiento está relacionado con el tiempo de regeneración el cual es a largo plazo.

Tras los resultados obtenidos en el periodo de estudio 2000 – 2021, se logró evidenciar el proceso de regeneración del área de exclusión en los últimos 10 años del aislamiento a la ganadería, reflejado en los mapas obtenidos anualmente, en el cual se presentan áreas con mayor vigor que en la zona de pastoreo. Por lo tanto, la exclusión de predios en una zona árida representa una herramienta eficaz en la conservación y protección de la biodiversidad de ecosistemas.

### Literatura Citada

- Abad-Pérez, C., & Mosquera, G. Q. (2020). Análisis de la distribución espacial de la correlación entre el NDVI y las precipitaciones en zonas altoandinas del sur del Perú, en el periodo 2000 - 2020. *Revista Geoespacial*, 1-14.
- Alatorre, L. C., Miramontes-Beltrán, S., García-Peña, A. K., Díaz-Caravantes, R., & Bravo, L. C. (2014). Evolución de la dinámica vegetal mediante una serie de imágenes landsat TM (1986-2011): Región central de Chihuahua, México. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(2), 449-476. <https://doi.org/10.18172/cig.2510>
- Arboit, M. E., & Maglione, D. S. (2018). Análisis multitemporal y multiespacial del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y del índice de vegetación ajustado al Suelo (SAVI) en centros urbanos forestados y oasis irrigados, con climas secos. *Boletín de Estudios Geográficos*, 109, 13-60. [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/11458/02-arboit-maglione.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11458/02-arboit-maglione.pdf)
- Chuvieco Salinero, E. (1998). El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección: Revista de La Asociación Española de Teledetección*, 10, 1-9.
- Colditz, R. R., Villanueva, V. L. A., Tecuapetla-Gomez, I., & Gomez-Mendoza, L. (2017). Temporal relationships between daily precipitation and NDVI time series in Mexico. 9th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images, 1-4. <https://doi.org/10.1109/Multi-Temp.2017.8035202>
- European Space Agency - ESA. (2021). PlanetScope. Recuperado de <https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope>
- ESRI. (2021). Planet. 2021, de ESRI Chile Sitio web: <https://www.esri.cl/es-cl/imagenes/planet>
- Funk, F. A., Peter, G., Loydi, A., Kröpfl, A. I., & Distel, R. A. (2012). Recuperación estructural y funcional de los espacios entre arbustos al cabo de 10 años de exclusión del pastoreo en una estepa semiárida del noreste de la Patagonia. *Ecología Austral*, 22, 195-202.
- Gamoun, M., Patton, B., & Hanchi, B. (2015). Assessment of vegetation response to grazing management in arid rangelands of southern Tunisia. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 11(2), 106-113. <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.998284>
- Gerber, P. J. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las

- emisiones y oportunidades de mitigación. In FAO (Ed.), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Food and A). <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>
- Gómez-Mendoza, L. (2013). La relación entre el índice normalizado de vegetación y la variabilidad del clima en Oaxaca: una herramienta para el manejo de ecosistemas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Instituto Geográfico Nacional. (2018). Teledetección. In Instituto Geográfico Nacional (Instituto, p. 6). <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>
- Lira, I., & Briones, M. (2011). Impacto de la ganadería extensiva y cacería de subsistencia sobre la abundancia relativa de mamíferos en la Selva Zoque, Oaxaca, México. *Therya*, 2(3), 217–244. <https://doi.org/10.12933/therya-11-49>
- Mora, C. A., Jiménez, J., Alanís, E., Rubio, E. A., Camacho, R., Yerenayamallel, J. I., & González, M. A. (2013). Efecto de la Ganadería en la Composición y Diversidad Arbórea y Arbustiva del Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4, 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i17.426>
- Municipios de México. (2021). Información sobre Hidalgo. Recuperado de <http://www.municipios.mx/durango/hidalgo/>
- Rouse J., R. Hass, J. Schell, D. Deering y J. Harlan. 1976. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III Final Report, Geenbelt MD, 371 pp.
- Trigo, C., Villagra, P., Cowper, P., Marás, G., Andrade, M., Núñez, M., Derlindati, E., & Tálamo, A. (2020). Can livestock exclusion affect understory plant community structure? An experimental study in the dry Chaco forest, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 463(Febrero), 118014. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118014>
- Trujillo-Acatitla, R. (2019). Respuesta del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a la actividad antrópica, variabilidad climática y ambiental en bosque de encino. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
- USGS. (2017). Landsat Missions. 2021, de USGS Center for Earth Resources Observation and Science (EROS) Sitio web: [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)

## GOOGLE EARTH ENGINE PARA ESTIMAR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

Sergio Iván Jiménez Jiménez<sup>\*1</sup>, Ignacio Sánchez Cohen<sup>1</sup>, Ernesto Sifuentes Ibarra<sup>2</sup>,  
Mariana de Jesús Marcial Pablo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CENID RASPA Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Margen derecha canal Sacramento km 6.5, Zona industrial Gómez Palacio, CP. 35140. Durango. México. <sup>2</sup>INIFAP-CEVAF Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera internacional México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Sinaloa 81110, México. \*Autor de correspondencia: jimenez.sergio@inifap.gob.mx

### Introducción

La Evapotranspiración real del cultivo se estima comúnmente considerando la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y el coeficiente de cultivo. El primero se puede evaluar usando el manual 56 de la FAO, donde el método de Penman Monteith (PM), es el más usado por su buena precisión para diferentes condiciones climáticas y regiones (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). Sin embargo, estimar la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) diaria con la metodología de FAO56 es un desafío cuando los datos de observación terrestre no están disponibles o son escasos. En este sentido, los datos de reanálisis se utilizan cada vez más como fuentes de datos meteorológicos en cuadrículas para evaluar la evapotranspiración de referencia de cultivos, sobre todo en países en desarrollo donde no se cuenta con una red robusta de estaciones meteorológicas.

Los datos de reanálisis o datos meteorológicos cuadrículados comúnmente están disponibles gratuitamente en plataformas web, publicados en formatos de cuadrículas o mallas regulares, con un retraso de meses o días a partir del presente, pueden utilizarse para obtener datos continuos de un sitio o para rellenar vacíos geoespaciales en los datos meteorológicos (Bai et al., 2010).

En este sentido, el objetivo de este trabajo es estimar la  $ET_0$  con datos de reanálisis y evaluar su precisión usando un parámetro de error, así mismo se creó una herramienta usando Google Earth Engine para estimar directamente desde una página web la  $ET_0$ . Esto puede ser una herramienta valiosa en zonas en donde los datos medidos no son disponibles.

### Materiales y Métodos

#### *Datos de reanálisis y estimación de $ET_0$*

Existen diferentes bases de datos de reanálisis que se han empleado para estimar la  $ET_0$  en diferentes sitios; en algunas bases de datos es posible obtener los valores de variables individuales, mientras que, en otros casos se puede obtener directamente la  $ET_0$  ya sea diaria o mensual.

En este caso, se emplearon únicamente bases de datos de reanálisis que brindan las variables de interés para estimar la ET<sub>0</sub> con la ecuación de FAO-56 PM, estas bases de datos son: Climate Forecast System version 2 (CFSv2), Global Land Data Assimilation System (GLDAS), North American Land Data Assimilation System phase 2 (NLDAS) y Real-Time Mesoscale Analysis (RTMA). Los atributos espaciales y temporales, y otras características principales de las bases de datos de reanálisis evaluados en este estudio se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resoluciones y cobertura de los conjuntos de datos de reanálisis evaluados

Base de datos	Resolución			Cobertura temporal	Cobertura espacial	Fuente
	Espacial (km)	Espacial (°)	Temporal (hr)			
CFSv2	~22 latitud	~0.2	6	1979 - presente	Global	(Saha et al., 2011)
GLDAS 2.1	~28	1/4	3	2000 - presente	Global	(Rodell et al., 2004).
NLDAS	~14	1/8	1	1979 - presente	Contiguo a Estados Unidos	(Rodell et al., 2004).
RTMA	2.5	1/24	1	2015-06-18-presente	Contiguo a Estados Unidos	(De Pondeca et al., 2011)

Para evaluar el desempeño de la estimación de la ET<sub>0</sub> a partir de datos climáticos de reanálisis, se utilizaron datos diarios registrados en siete estaciones agrometeorológicas (Cuadro 1) de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas del INIFAP estandarizados a 2 m (<http://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones>) que está a cargo del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. De las estaciones meteorológicas se obtuvieron los registros de valores diarios del periodo de 2005 a 2020, para las variables de temperaturas, velocidad del viento, humedad relativa media y radiación solar acumulada. Antes de emplear estos datos para estimar la ET<sub>0</sub> aplico un procedimiento de control de calidad de los datos como lo recomienda Allen (1996).

Se realizó una evaluación de precisión de las variables por separado (T<sub>max</sub>, T<sub>min</sub>, T<sub>mean</sub>, u<sub>2</sub>, HR y R<sub>s</sub>) comparando los datos estimados del sistema NP con respecto a los medidos. La evaluación de la precisión se realizó usando cuatro parámetros estadísticos de error como se reporta en algunos trabajos donde se evalúa la ET<sub>0</sub> (e.g. Cobaner, Citakoğlu, Haktanir, & Kisi, 2017; Jabloun & Sahli, 2008): la RMSE (raíz del cuadrado medio del error, ecuación 8), el error medio (ME, Ecuación 9), y el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>, ecuación 10). Se evaluó la precisión de la ET<sub>0</sub> obtenido con cada uno de las bases de datos de reanálisis usando el parámetro RMSE (raíz del cuadrado medio del error, ecuación 1), donde el V<sub>o</sub> es la ET<sub>0</sub> calculada con datos de estaciones meteorológicas y V<sub>e</sub> es el valor de la ET<sub>0</sub> estimada con datos de reanálisis.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (V_{e,i} - V_{o,i})^2}{n}}$$

Donde  $V_o$  es el valor medido u observado,  $V_e$  es el valor estimado (para este caso con los datos de reanálisis);  $i$  es el día analizado y  $n$  es el número de valores o días analizados.

#### Plataforma de GEE

Se utilizó los recursos de GEE para estimar automáticamente la ETo diaria en cualquier punto de la zona norte de México usando datos climáticos de reanálisis, para ello se usaron los ID de imágenes que se muestran en el Cuadro 2. Parte de la configuración es que el usuario selecciones el intervalo de fechas en que desea estimar la ETo.

Cuadro 2. Características en GEE de los datos de reanálisis utilizados

Base de datos	Retraso (días)	ID imagen GEE
CFSv2	1	NOAA/CFSV2/FOR6H
GLDAS 2.1	30	NASA/GLDAS/V021/NOAH/G025/T3H
NLDAS	4	NASA/NLDAS/FORA0125_H002
RTMA	1	NOAA/NWS/RTMA

## Resultados y Discusiones

#### Precisión de datos de reanálisis

En el Cuadro 3 se muestra las bases de datos que tuvieron las mejores estimaciones a los datos medidos, tomando en cuenta el valor de RMSE promedio. De estas bases de datos se observa que RTMA sobresale en la mayoría de las variables, excepto para la  $R_s$ , ya que se estimó de manera indirecta.

Cuadro 3. Valores más bajos de RMSE promedio para las variables analizadas.

Variable	Característica	1°	2°
$T_{max}$	Reanálisis	RTMA	CFSv2
	RMSE Promedio	2.052	2.181
$T_{min}$	Reanálisis	RTMA	CFSv2
	RMSE Promedio	2.281	2.658
$T_{med}$	Reanálisis	RTMA	GLDAS
	RMSE Promedio	1.540	1.782
$VP$	Reanálisis	RTMA	GLDAS
	RMSE Promedio	0.310	0.356
$u_2$	Reanálisis	CFSv2	RTMA
	RMSE Promedio	0.885	1.037
$R_s$	Reanálisis	NLDAS	GLDAS
	RMSE Promedio	3.541	3.542
ETO	Reanálisis	RTMA	CFSv2
	RMSE Promedio	1.139	1.198

## Plataforma GEE

En la Figura 1 se muestra la ventana principal de la herramienta para estimar la ETo de cualquier punto en el norte de México, donde únicamente se debe aceptar la configuración y dar clic en cualquier punto del mapa.



Figura 1. Ventana principal de la aplicación Web para estimar la ETo con dato de reanálisis

## Conclusiones

Se necesitan buscar herramientas que permitan atacar un problema como la falta de información en diferentes zonas del país, en este caso se estimó la ETo, sin embargo, se deben calibrar y validar estas herramientas. En este sentido el siguiente paso en este trabajo es encontrar metodologías robustas para reducir el sesgo entre datos medidos y estimados de reanálisis.

## Literatura Citada

- Allen, R. G. (1996). Assessing Integrity of Weather Data for Reference Evapotranspiration Estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(1996\)122:2\(97\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(1996)122:2(97))
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. *Irrigation and Drainage Paper No. 56*, FAO. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.12.001>
- Bai, J., Chen, X., Dobermann, A., Yang, H., Cassman, K. G., & Zhang, F. (2010). Evaluation of NASA Satellite- and Model-Derived Weather Data for Simulation of Maize Yield Potential in China. *Agronomy Journal*, 102(1), 9–16. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0085>
- Cobaner, M., Citakoğlu, H., Haktanir, T., & Kisi, O. (2017). Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey. *Hydrology Research*, 48(2), 480–497. <https://doi.org/10.2166/nh.2016.217>

- De Pondeca, M. S. F. V., Manikin, G. S., Dimego, G., Benjamin, S. G., Parrish, D. F., Purser, R. J., ... Vavra, J. (2011). The real-time mesoscale analysis at NOAA's national centers for environmental prediction: Current status and development. *Weather and Forecasting*, 26(5), 593-612. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-10-05037.1>
- Jabloun, M., & Sahli, A. (2008). Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data. Application to Tunisia. *Agricultural Water Management*, 95(2008), 707 - 715. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.01.009>
- Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C. J., ... Toll, D. (2004). The Global Land Data Assimilation System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(3). <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381>
- Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., & ... & Becker, E. (2011). NCEP climate forecast system version 2 (CFSv2) 6-hourly products. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory, 10(D61C1TXF).

## SÍNTESIS VERDE Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC

Daniela Monserrat Sánchez-Pérez<sup>1,2</sup>, Erika Flores-Loyola<sup>1</sup>, Jolanta E. Marszkalek<sup>1\*</sup>,  
Selenne Márquez- Guerrero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Carretera Torreón -Matamoros Km 7.5, 27276 Torreón, Coahuila, México. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5, 27190 Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: j.marszalek@uadec.edu.mx

Las partículas nanométricas metálicas son de alto interés por sus diferentes características y aplicaciones, sin embargo, generalmente el método de síntesis involucra el uso de reactivos y residuos tóxicos [1], por ello en los últimos años la síntesis verde de nanopartículas (NPs) mediante sistemas biológicos, específicamente extractos de plantas, se ha convertido en un campo emergente. Entre las mencionadas NPs se encuentran las de óxido de zinc, las cuales se han estudiado por sus diversos beneficios tales como: actividad antimicrobiana [2], actividad catalítica, eléctrica, optoelectrónica y fotoquímica [3], actúa además como cofactor regulador en la síntesis de proteínas y triptófano en las plantas [4]. En el presente trabajo se estudia la síntesis biológica de nano partículas de óxido de zinc en presencia de diferentes concentraciones de un extracto etanólico de *Larrea tridentata* [5] (10, 20 y 30 mg de materia seca/mL). Las nano partículas obtenidas fueron caracterizadas por espectros copia ultravioleta-visible (UV-Vis) e infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) así como por microscopía electrónica de barrido (SEM). Los espectros UV-Vis mostraron picos de absorción típicos para las NPs alrededor de 350 nm, con el más alto a los 359 nm debido a su gran energía de enlace de excitación a temperatura ambiente [6]. La presencia del extracto vegetal sobre las NPs de óxido de zinc fue confirmada por FT-IR. Los espectros presentaron bandas en 493, 461 y 846  $\text{cm}^{-1}$  que indican las vibraciones de estiramiento de los enlaces de zinc y oxígeno, lo que muestra la formación de nanopartículas de ZnO [7] además de la banda entre 2900-3100  $\text{cm}^{-1}$  correspondientes al enlace C-H debido al material orgánico del extracto, este último difiere en intensidad en las tres muestras analizadas debido a las diferentes concentraciones de materia seca del extracto. En el análisis por SEM se observaron las estructuras y morfología características de nanopartículas de óxido de zinc, con un tamaño de 20 a 50 nm, con una menor aglomeración en las sintetizadas utilizando la concentración de 20 mg/mL de materia seca. Dado que el óxido de zinc muestra diferentes propiedades físicas y químicas dependiendo de la morfología de las nanoestructuras, se debe investigar varios métodos de síntesis, así como las propiedades físicas y químicas del óxido de zinc sintetizado en términos de su morfología.

Palabras clave: *Larrea Tridentata*; nanopartículas; zinc; síntesis verde.

[1] ALWAN, Riyadh M., et al. *Nanoscience and Nanotechnology*, 5(1), 1-6. 2015. [2] Siddiqi, K. S et al., *Nanoscale research letters*, 13(1), 1-13, 2018. [3] Kumar, S. S., et al. *International Nano Letters*, 3(1), 1-6, 2013. [4] Elsheery, N.I., et al. *Agronomy*, 10(4), 558, 2020. [5] Aguirre, DPR., et al. *Revista árabe de química* 2020. [6] Córdova-Cisneros, K.C., et al. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 20 (1) ,13-24, 2021. [7] Chikkanna, M. M., et al. *SN Applied Sciences*, 1(1), 1-10. 2019

## ANÁLISIS DEL EFECTO DE SACAROSA EN LA MORFOLOGÍA Y GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS DE DOS POBLACIONES DE *Dasyllirion* sp. DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Gerardo Iván Garza Vallejo<sup>1</sup>, Raquel González Fernández<sup>1</sup>, José Valero Galván<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Av. Plutarco Elías Calles, Fovissste Chamizal. Ciudad Juárez, Chihuahua. C.P. 32310. Email: \*Autor de correspondencia: jose.valero@uacj.mx

### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la germinación de las semillas dos poblaciones de *Dasyllirion* sp. sometidas a diferentes concentraciones de sacarosa. La comparación de las características morfológicas de las dos poblaciones evaluadas no mostró diferencias significativas. Sin embargo, si se observaron diferencias significativas en el peso total y peso de la raíz de las plántulas de las poblaciones después de 21 días de germinación expuestas a ambos tratamientos. Así mismo se observó que el índice de velocidad de germinación (IVG) y el porcentaje de germinación ambas poblaciones disminuyeron conforme el aumento de la concentración de Sacarosa, siendo las semillas de población de Ciudad Juárez las que presentaron los menores valores.

### Introducción

El género *Dasyllirion* está compuesto por un total de 16 especies (Bogler, 2017), con amplia distribución en el norte de México, la mayoría endémicas de este país, y en el sur de Estados Unidos de América (Reyes-Valdés et al., 2012). Las plantas del género *Dasyllirion* o comúnmente llamadas, sotol, son plantas perennes con reproducción por semilla de origen sexual, tienen una altura que va desde los 0.6 m hasta 1.5 m, la mayoría crecen en suelos pedregosos asociada a especies como la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), zacate chino (*Bouteloua ramosa*), regeneradora (*Coldenia canescens*) y sangre de grado (*Jatropha dioica*) (Vega-Cruz et al., 2012). Estas plantas ayudan a mantener la integridad del suelo y sirven de alimento para otras especies de mamíferos, aves e insectos. En México se extrae mediante destilación la bebida típica llamada "Sotol"; debido a que sus hojas son muy fibrosas, se utilizan para producir alimento para ganado, sirven como barrera natural para la delimitación de propiedades, son utilizadas ornamentalmente (Reyes-Valdés et al., 2013). Las hojas se usaron para crear los techos de sus chozas, en rituales espirituales e inclusive las hojas y los tallos eran comidos por los antiguos pobladores del norte de México y sur de Estados Unidos (Reyes-Valdés et al., 2013). Sin embargo, una de las más grandes problemáticas es la producción de la bebida alcohólica "Sotol", debido a la disminución las poblaciones naturales, ya que los productores de este alcohol saquean las plantas indiscriminadamente sin haber programas de reforestación (Reyes-Valdés et al., 2013).

Por lo tanto, es de suma importancia conocer el proceso de germinación de las semillas de *Dasyllirion* sp. en condiciones *in vitro*, debido a que nos podría dar la pauta para generar mejores programas de forestación en las zonas afectadas por la sobreexplotación de la especie. La realización de esta investigación ayudará a describir la respuesta de la germinación a diferentes condiciones de sacarosa en las semillas de *Dasyllirion* spp. y a su vez, dar más información acerca de la dispersión de sus poblaciones y ver cómo es que los factores ambientales y sociales afectan a las mismas.

## **Materiales y Métodos**

Para el experimento de germinación se utilizaron un total de 720 semillas de *Dasyllirion* sp, 360 semillas por cada una de las poblaciones, siendo la población I las semillas colectadas en la sierra de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, en el año 2019 y la población II, colectadas en la sierra de Samalayuca municipio de Juárez, Chihuahua, en el año 2019. Las semillas fueron recuperadas cortando el escapo floral seco de las plantas, del cual se retiraron las semillas a mano y se colocaron en bolsas de papel. Para ser trabajadas se les retiró la cápsula en la cual están envueltas, después de retirar dicha cápsula se seleccionaron 20 semillas aleatoriamente de cada una de las poblaciones, las cuales se colocaron en una hoja milimétrica, se les tomó una fotografía para obtener las medidas de diámetro, área, largo y ancho, utilizando el software gratuito ImageJ versión ImageJ2 (ImageJ®, USA), una vez hecho esto, las semillas fueron lavadas utilizando hipoclorito al 10% durante 5 min, esto para eliminar toda posible contaminación por hongos o bacterias, posteriormente se enjuagaron durante 2 min en agua destilada para eliminar cualquier residuo de hipoclorito.

Las semillas lavadas se colocaron en cajas de Petri, con discos de papel secante recortado al diámetro de estas, se pusieron 15 semillas por caja. Después las semillas se sometieron a tratamientos con soluciones de 100 mL a concentraciones de 30, 60 y 90 mM de sacarosa (99.9%, Fagalab®) y un control de agua destilada. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento y un control para cada uno, contando con un total de 48 cajas, 24 por población y 12 por tratamiento. Las cajas de Petri fueron lavadas con cloro y agua destilada, una vez lavadas, se llevaron a una campana de flujo laminar (Envirco® mod. PN1370), en la cual se esterilizaron por medio de luz UV, por un periodo de 15 a 30 min. Las cajas se llevaron a una cámara bioclimática con condiciones de temperatura de 25° C, con un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad. Las semillas fueron regadas bajo la campana de flujo laminar (Envirco® mod. PN1370), esto para evitar contaminantes, se regaron con un volumen de 3 mL de cada una de las soluciones y el control con agua destilada, utilizando una pipeta Pasteur de 3 mL, cada tercer día. El experimento se llevó a cabo por un total de 21 días, contabilizando las semillas germinadas cada 7 días y se registraron los conteos en el software Microsoft Excel. Pasados los 21 días, se seleccionaron 5 plántulas homogéneas, las cuales fueron fotografiadas utilizando una regleta de 1 cm, esto para obtener las medidas por medio del software ImageJ. Las plántulas se pesaron unitariamente y en conjunto en una balanza analítica (Denver Instrument Apx-200), primero se pesaron completas y después por partes, comprendiendo las hojas, raíces y semillas. Se buscó completar un peso de al menos 0.1 gr para la raíz, 0.2 gr para las hojas y semillas.

Todos los datos obtenidos se analizaron en el paquete estadístico SPSS y en Excel. Los análisis morfométricos de las semillas se procesaron en el programa ImageJ.

## Resultados

### *Caracterización morfológica de las semillas*

Los resultados obtenidos de la caracterización morfológica de las semillas no mostraron diferencias significativas en las características morfométricas entre las dos poblaciones de *Dasyliirion* sp. Las semillas de ambas poblaciones mostraron un peso de 0.040 g, largo de 3.2 mm, ancho de 2.6 mm, área de 0.55 mm, perímetro de 9 mm y una relación de largo y ancho de 1.2 mm. Sin embargo, las plántulas de la población de Casas Grandes mostraron diferencias significativas en el peso completo y el peso de la raíz en el tratamiento de sacarosa. El tratamiento de concentración de 30 mM de sacarosa mostro el valor más alto para las variables de peso completo y de raíz, mientras que el tratamiento que mostró el valor más bajo en el peso completo fue el de 90 mM, mientras que el más bajo en el peso de la raíz fue el control (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la sacarosa en las características morfológicas de las plántulas de la población de *Dasyliirion* de Casas Grandes. Los datos se muestran como la media  $\pm$  desviación estándar.

Concentración de sacarosa (mM)	Peso completo (g)	Peso semilla (g)	Peso hoja (g)	Peso raíz (g)
Control	0,044 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	0,013 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	0,021 $\pm$ 0,007 <sup>a</sup>	0,006 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>
30 mM	0,056 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>	0,011 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	0,022 $\pm$ 0,005 <sup>a</sup>	0,013 $\pm$ 0,001 <sup>c</sup>
60 mM	0,042 $\pm$ 0,007 <sup>a</sup>	0,009 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>	0,019 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>	0,01 $\pm$ 0,003 <sup>bc</sup>
90 mM	0,037 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>	0,011 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	0,018 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>	0,008 $\pm$ 0,002 <sup>ab</sup>
Significancia ( $p < 0.05$ )	0.003	0.155	0.390	0.003

Las plántulas de la población de Ciudad Juárez mostraron diferencias significativas en la mayoría de las variables (Tabla 2). El tratamiento control mostró los valores más altos para las variables de peso completo, peso de hoja y de raíz, mientras que el tratamiento que mostró los valores más bajos para todas las variables fue el de 90 mM.

Tabla 2. Características morfológicas de las plántulas de la población de Ciudad Juárez. Los datos se muestran como la media  $\pm$  desviación estándar.

Concentración de sacarosa (mM)	Peso completo (g)	Peso semilla (g)	Peso hoja (g)	Peso raíz (g)
Control	0.0703 $\pm$ 0.0091 <sup>d</sup>	0.0125 $\pm$ 0.0018 <sup>a</sup>	0.0367 $\pm$ 0.0031 <sup>d</sup>	0.0195 $\pm$ 0.0071 <sup>b</sup>
30	0.0576 $\pm$ 0.0081 <sup>c</sup>	0.0118 $\pm$ 0.0026 <sup>a</sup>	0.0300 $\pm$ 0.0043 <sup>c</sup>	0.0132 $\pm$ 0.0065 <sup>b</sup>
60	0.0359 $\pm$ 0.0087 <sup>b</sup>	0.0142 $\pm$ 0.0041 <sup>a</sup>	0.0138 $\pm$ 0.0040 <sup>b</sup>	0.0054 $\pm$ 0.0019 <sup>a</sup>
90	0.0235 $\pm$ 0.0079 <sup>a</sup>	0.0127 $\pm$ 0.0009 <sup>a</sup>	0.0066 $\pm$ 0.0065 <sup>a</sup>	0.0020 $\pm$ 0.0011 <sup>a</sup>
Significancia ( $p < 0.05$ )	0.000	0.570	0.000	0.000

Los índices de germinación de las semillas de la población de Casas Grandes de *Dasyllirion* mostraron diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas (Tabla 3). Para el índice de velocidad de germinación se obtuvo que el tratamiento control fue el que tardó más tiempo en germinar, mientras que en el tiempo medio de germinación dicho tratamiento obtuvo uno de los valores más bajos. En el caso de la velocidad media de germinación el tratamiento con el valor más alto fue el de 60 mM. Los valores del porcentaje de germinación y semillas germinadas no presentaron diferencias significativas, aun así, el tratamiento control obtuvo los valores altos para estas variables.

Tabla 3. Diferencias entre índice de velocidad de germinación (IVG), tiempo medio de germinación (t), velocidad media de germinación (R), porcentaje de germinación (G) y semillas germinadas (SGR) de la población de Casas Grandes de *Dasyllirion sp.* Los datos se muestran como la media  $\pm$  desviación estándar.

Concentración (mM)	Índice de velocidad de germinación (IVG)	Tiempo medio de germinación (t)	Velocidad media de germinación (1/t)	PG (%)	Semillas Germinadas
Control	2.07 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	6.89 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	97.78 $\pm$ 03.85 <sup>a</sup>	14.67 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>
30	1.57 $\pm$ 0.5 <sup>ab</sup>	7.81 $\pm$ 1.11 <sup>a</sup>	0.13 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	80.00 $\pm$ 29.06 <sup>a</sup>	12.00 $\pm$ 4.36 <sup>a</sup>
60	1.69 $\pm$ 0.39 <sup>ab</sup>	6.82 $\pm$ 0.76 <sup>a</sup>	0.15 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	82.22 $\pm$ 20.37 <sup>a</sup>	12.33 $\pm$ 3.06 <sup>a</sup>
90	1.07 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	10.04 $\pm$ 1.22 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	64.44 $\pm$ 07.70 <sup>a</sup>	09.67 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>
Sig. ( $p < 0.05$ )	0.031	0.008	0.00	0.249	0.249

Los índices de germinación de las semillas de la población de Ciudad Juárez de *Dasyllirion* mostraron diferencias significativas en la mayoría de las variables (Tabla 4). Para el índice de velocidad de germinación, el porcentaje de germinación y semillas germinadas, el control fue el tratamiento con los valores más altos. En cambio, el tratamiento de 60 mM presentó uno de los valores más altos en la velocidad media de germinación. A pesar de no mostrar diferencias significativas, en el tiempo medio de germinación el valor más bajo fue el tratamiento control y el valor más alto para esta misma variable fue el tratamiento de 30 mM.

Tabla 4. Diferencias entre índice de velocidad de germinación (IVG), tiempo medio de germinación (t), velocidad media de germinación (R), porcentaje de germinación (G) y semillas germinadas (SGR) de la población de Ciudad Juárez de *Dasyllirion sp.* Los datos se muestran como la media  $\pm$  desviación estándar.

Concentración (mM)	Índice de velocidad de germinación (IVG)	Tiempo medio de germinación (t)	Velocidad media de germinación (1/t)	PG (%)	Semillas Germinadas
Control	1.48 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	04.09 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	0.25 $\pm$ 0.03 <sup>ab</sup>	97.78 $\pm$ 3.85 <sup>c</sup>	14.67 $\pm$ 0.58 <sup>c</sup>
30	1.07 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	12.71 $\pm$ 1.14 <sup>a</sup>	0.08 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	88.89 $\pm$ 13.88 <sup>c</sup>	13.33 $\pm$ 2.08 <sup>c</sup>
60	0.52 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>	05.63 $\pm$ 6.74 <sup>a</sup>	0.41 $\pm$ 0.29 <sup>c</sup>	46.67 $\pm$ 29.06 <sup>b</sup>	7 $\pm$ 4.36 <sup>b</sup>
90	0.07 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	04.67 $\pm$ 8.08 <sup>a</sup>	0.21 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	6.67 $\pm$ 11.55 <sup>a</sup>	1 $\pm$ 1.73 <sup>a</sup>
Sig. ( $p < 0.05$ )	0.00	0.240	0.036	0.001	0.001

Estudios anteriores determinan que la germinación de las especies del género *Dasyilirion* está íntimamente relacionada con las condiciones climatológicas, especialmente con respecto a los porcentajes de lluvia (Reyes-Valdés et al., 2012), a pesar de su alta producción de semillas, que es de alrededor de 0.25 hasta 2.7 kg (Reyes-Valdés et al., 2012). La tasa de germinación en su hábitat natural apenas rebasa el 8% ((Mata-Rosales et al., 2018). Sin embargo, la germinación de las semillas del sotol en condiciones *in vitro* se ha observado que alcanza hasta aproximadamente 70%. (Arce-González et al., 2004)) evaluaron la germinación de las semillas de sotol a diferentes concentraciones de dos extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla*) encontrando un buen índice de germinación de aproximadamente 95% a los 20 días de la siembra. Así mismo estos autores analizaron la germinación de la semilla de sotol mediante escarificación física y ácido sulfúrico encontrando un porcentaje de germinación de aproximadamente 70%.

### Literatura Citada

- Arce-González, L., Valdés Reyna, J., Valdés Oyervides, A., Gallegos Del Tejo, A., & Padilla Villa, G. (2004). Pruebas de germinación en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosasanum* Trel.) utilizando extractos secos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) bajo condiciones de laboratorio. 492-495.
- Bogler, D. J. (2017). Sistemática de *Dasyilirion*: Taxonomía y filogenia molecular. *Botanical Sciences*, 76(56), 69. <https://doi.org/10.17129/botsci.1465>.
- Mata-Rosales, S., Ríos Saucedo, J. C., Rosales Serna, R., García Rodríguez, J. I. (2018). Tratamientos pre-germinativos de remojo y temperatura en semilla de *Dasyilirion cedrosasanum* Hacia el uso sustentable de los recursos naturales de zonas áridas, 160-161.
- Reyes-Valdés, M. H., Benavides-Mendoza, A., Ramírez-Rodríguez, H., & Villareal-Quintana, J. A. (2012). Biología e importancia del sotol (*Dasyilirion* spp.) Parte I: Sistemática, genética y reproducción. *Planta*, 7(14), 11-13.
- Reyes-Valdés, M. H., Benavides-Mendoza, A., Ramírez-Rodríguez, H., & Villareal-Quintanilla, J. Á. (2013). Biología e importancia del sotol (*Dasyilirion* spp.) Parte II: Ecofisiología, Usos e Interrogantes. 17.
- Vega-Cruz, J., Melgoza-Castillo, A., & Sierra-Tristán, J. S. (2012). Caracterización del crecimiento de dos especies de sotol (*Dasyilirion leiophyllum* Engelm. Ex Trelease y *D. sereke* Bogler) fertilizadas con nitrógeno y fósforo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 31, 55-71.

## CARACTERIZACIÓN DEL BOSQUE DE *Pinus nelsonii* Shaw. EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Joaquín Parra-Álvarez<sup>1\*</sup>, Diódoro Granados-Sánchez<sup>2</sup>, Ro Linx Granados-Victorino<sup>3</sup>,  
Antonio Villanueva-Morales<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 ctra. México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Edo. México, México. <sup>2</sup>División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 ctra. México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Edo. México, México. <sup>3</sup>Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 ctra. México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Edo. México, México. \*Autor de correspondencia: joparraalvarez@hotmail.com

### Introducción

La familia Pinaceae es de origen boreal; sin embargo, a México se le ha considerado como un centro de diversificación y la mayor riqueza se concentra en el género *Pinus* L. (Gernandt y Pérez-De La Rosa, 2014), en dicho género se agrupan las especies comúnmente conocidas como “pinos piñoneros”, las cuales son 16 taxones; 12 se encuentran en México, 10 de estas son consideradas endémicas (Sánchez-González, 2008). Los bosques de pinos piñoneros constituyen comunidades naturales de suma importancia en las regiones semiáridas de la Sierra Madre Oriental y Occidental, ya que estos bosques proveen de una gran cantidad de servicios ecológicos y económicos (madera, leña, semilla) para las poblaciones humanas aledañas (Lanner, 1981). En el estado de San Luis Potosí se han identificado cinco especies de pino piñonero: *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus pinceana* Gordon & Glend., *Pinus discolor* D. K. Bailey & Hawksworth., *Pinus nelsonii* Shaw. y *Pinus johannis* M. -F. Robert. En particular *Pinus nelsonii* tiene una distribución restringida al Noroeste del país y ha sido poco estudiada; además cuenta con una producción anual de semillas, la cual es una característica poco frecuente en las especies de pinos mexicanos (Suzán-Aspiri y Galarza, 1987). De acuerdo a la NOM-059 este pino se encuentra en el estatus de peligro de extinción (SEMARNAT, 2010); esto sin contar con los escasos estudios sobre la ecología de los bosques dominados por *Pinus nelsonii*. Sin embargo, estas comunidades vegetales no están exceptas de los múltiples disturbios como lo son el sobrepastoreo, plagas, extracción de leña y la sobreexplotación de semillas. El objetivo de esta investigación fue caracterizar estructuralmente la vegetación del bosque de *Pinus nelsonii* del estado de San Luis Potosí.

### Materiales y Métodos

El área de estudio se estableció en los bosques piñoneros de la localidad de El Realejo, municipio de Guadalcázar. Para la caracterización estructural de la vegetación se empleó el método de cuadrantes centrados en un punto (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974). Este método es ágil, fácil, y rápido de implementar y da información comparable con muestreos de área, además de ser ideal para implementarlo en zonas áridas (Abelleira y Colón, 2006; Mitchell, 2010).

Con esta técnica se realizaron 10 puntos, todos ellos seleccionados aleatoriamente. Sólo fueron considerados los árboles y arbustos con una altura mayor a un metro; a los que se les midió el diámetro normal (dn), la altura, la distancia al punto central y se registró el nombre de la especie. A partir de los datos obtenidos con esta técnica; se calcularon los valores relativos de frecuencia, densidad, dominancia y el valor de importancia relativa (VIR), el cual es una medida ponderada de dichos valores. Con base en los valores estructurales obtenidos, se realizó el perfil fisonómico semirrealista (Richards, 1952), el cual permite analizar la estructura vertical y horizontal de la vegetación; así mismo se incluyó paralelamente un Danserograma, el cual tiene como principal objetivo facilitar la comprensión de la organización de las comunidades vegetales, su clasificación y la selección de métodos para su estudio sistemático (Valenzuela y Granados, 2009).

## Resultados y Discusión

Sobre la serranía de localidad de El Realejo se desarrollan bosques dominados por *Pinus nelsonii* ubicados a 22°41'49" N y 100°25'43" O, con una exposición Noroeste y a un rango altitudinal que va de los 2000 a 2158 m.; lo cual es algo común de los bosques piñoneros, esto se debe a que la altitud se encuentra relacionada con la humedad y la temperatura; dado que por cada 100 m de elevación la temperatura disminuye 1 grado centígrado, por lo tanto, los piñonares se restringen a las zonas más templadas de las zonas áridas y semiáridas (Granados, Granados y Sánchez-González, 2015). Éstos bosques se desarrollan en cañadas, donde las condiciones climatológicas le son más favorables; y sobre suelos calcáreos, someros y con un pH neutro (7.1). Éste pino piñonero tiene una gran importancia por su estatus de peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059 y por su restringida distribución (SEMARNAT, 2010; Suzán-Azpiri *et al.*, 2002). En este bosque se identificó una riqueza florística de 181 especies divididas en 119 géneros y 46 familias, con una densidad de 540 individuos·ha<sup>-1</sup> de *Pinus nelsonii* (Cuadro 1). Este pino junto con *Yucca potosina* Rzed. forma parte del estrato arbóreo, con una altura de 4 ± 1.8 m en promedio, en asociación con *Quercus crassifolia* Trel. y *Arbutus xalapensis* Kunth. Por otro lado, las especies más representativas del estrato arbustivo son *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. y *Rhus virens* Lindh. ex A. Gray., son las especies más frecuentes (Figura 1). La comunidad presenta una regeneración casi nula como consecuencia de los constantes disturbios generados por la ganadería, a pesar de que se desarrolla en zonas de difícil acceso. Existen reportes de que *P. nelsonii* se distribuye en algunos sitios de Tamaulipas y Nuevo León (Suzán-Azpiri *et al.*, 2002), por lo que resulta importante y necesario poder establecer áreas que permitan aumentar la supervivencia de los juveniles y por ende su conservación.

Cuadro 1. Valores estructurales del bosque de *Pinus nelsonii*

Especie	No. Individuos en 1 ha	Área basal media (cm <sup>2</sup> )	Dominancia absoluta (cm <sup>2</sup> )	Dominancia relativa (%)	Frecuencia absoluta (%)	Frecuencia relativa (%)	Densidad relativa (%)	Valor de importancia Relativa (VIR)	Rango
<i>Pinus nelsonii</i>	540	132.5	0.25	1.95	100	47.6	62.5	37.35	I
<i>Yucca potosina</i>	151	629.0	4.16	32.98	40	19.0	17.5	23.18	II
<i>Arbutus xalapensis</i>	22	78.5	3.64	28.83	10	4.8	2.5	12.03	III
<i>Quercus crassifolia</i>	65	103.5	1.60	12.66	30	14.3	7.5	11.48	IV
<i>Tecoma stans</i>	22	52.8	2.45	19.38	10	4.8	2.5	8.88	V
<i>Rhus virens</i>	65	34.3	0.53	4.20	20	9.5	7.5	7.07	VI

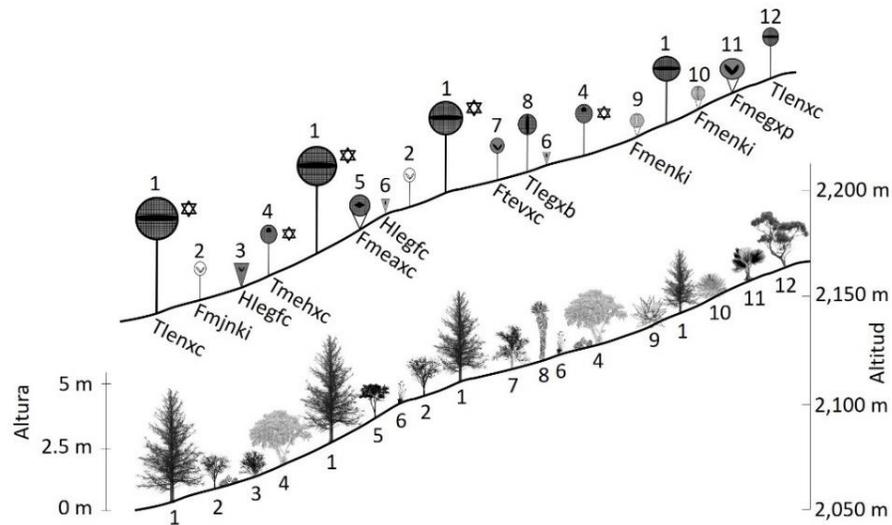


Figura 1. Danserograma y perfil semirrealista del bosque de pino piñonero de El Realejo. Especies: 1. *Pinus nelsonii*; 2. *Tecoma stans*; 3. *Jatropha dioica*; 4. *Quercus crassifolia*; 5. *Arbutus xalapensis*; 6. *Bouteloua scorpioides*; 7. *Sophora secundiflora*; 8. *Yucca potosina*; 9. *Agave salmiana*; 10. *Agave striata*; 11. *Brahea decumbens* y 12. *Juniperus monticola*.

**Conclusiones**

*Pinus nelsonii* es una especie con una distribución muy restringida, desarrollándose de manera muy marcada en condiciones de ladera, formando una asociación vegetal principalmente con *Yucca potosina*, por lo que resulta de suma importancia implementar planes de manejo que permitan su preservación, así mismo la composición florística se relaciona principalmente con el gradiente altitudinal, el cual está relacionado con la temperatura y precipitación. De igual manera existe una interacción entre especies típicas de matorral xerófilo y especies templadas, cada una con componentes (hojas pequeñas, espinas, tallos u hojas suculentas) particulares adecuados para sobrevivir a climas secos.

## Literatura Citada

- Abelleira, M. O. J. y Colón, G. D. Y. (2006). Comparación De Método De Muestreo En Bosques Secundarios Aluviales: Parcela Vs. Punto-Cuadrante. *Acta Científica*, 20(1-3), 63-66.
- Gernandt, D. S., y Pérez-De La Rosa, J. A. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.). <https://doi.org/10.7550/rmb.32195>
- Granados, V. R. L., Granados, S. D. y Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques*, 21(2), 23-42. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.212443>
- Lanner, R. M. (1981). *The Pinyon Pine: A Natural and Cultural History*. University of Nevada Press, USA.
- Mitchell, K. (2010). Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. In *Quantitative Methodoss* (pp. 1-56). Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1010.3303>
- Muller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology* (Primera ed). John Wiley and Sons, New York. 574 p.
- Richards, P. W. (1952). *The Tropical Rain Forest. An Ecological Study*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 450 p.
- Romero, A., Luna, M. y García, E. (2014). Factores físicos que influyen en las relaciones florísticas de los piñonares (Pinaceae) de San Luis Potosí, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 795. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.10506>
- Rosas, C. M., Granados, S. D., Granados, V. R. L. y Esparza, G. S. (2017). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 52-73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.90>
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos en México. *Madera Bosques*, 14(1), 107-120. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411222>
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana (NOM-059-2010), Protección ambiente-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especie en riesgo. *Diario Oficial de La Federación*, 1-77.
- Suzán-Aspiri, H. y Galarza, J. A. (1987). Manejo Ecológico de un Bosque de Pinos Piñoneros en Tamaulipas. In E. F. Aldon, V. C. E. González, & W. H. Moir (Eds.), *Strategies for classification and management of native vegetation for food production in arid zones*. Tucson, Arizona, USA. pp. 164-168.
- Suzán-Azpíri, H., Sánchez-Ramos, G., Martínez-Avalos, J. G., Villa-Melgarejo, S. y Franco, M. (2002). Population structure of *Pinus nelsoni* Shaw, an endemic pinyon pine in Tamaulipas, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 165(1-3), 193-203. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00617-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00617-X)
- Valenzuela, N. L. M. y Granados, S. D. (2009). Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de el Salto, Durango, México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 15(1), 29-41.

## **APROVECHAMIENTO DE *Myrtillocactus geometrizans* (GARAMBULLO) EN LA COMUNIDAD DEL GARABATILLO, DOLORES HIDALGO, GTO.**

Ricardo Rivera Vázquez\*, María Guadalupe Herrera Hernández,  
Salvador Horacio Guzmán Maldonado

INIFAP, Campo Experimental Bajío. Km 6.5 carretera Celaya-San Miguel Allende, Celaya, Guanajuato, C.P. 38119, México. \*Autor de correspondencia: rivera.ricardo@inifap.gob.mx

### **Introducción**

Las actividades del hombre han ido modificando la naturaleza, pues en mayor o menor medida, tiene un efecto en el territorio; estas actividades tienen impactos que son necesario conocer y en lo posible prever, para lograr una utilización racional de los recursos disponibles, y esto tiene que ver directamente con la forma en que son aprovechados los recursos naturales (Guevara et al., 2015). Esto es notorio en diversas zonas que presentan fuertes presiones por colecta de frutos y raíces, extracción de leña, sobrepastoreo, y cambios de uso de suelo (Maruri et al., 2010).

Si entendemos que “el Desarrollo Sustentable es aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, como se explica por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (World Commission on Environment and Development), entonces, la sustentabilidad se muestra como una alternativa para evitar o disminuir la degradación ambiental, sin dejar de lado las actividades antropocéntricas (Guevara et al., 2015). Una de estas actividades es el aprovechamiento de plantas nativas, y en el caso del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console), puede ser aprovechado de tres formas: como leña cuando la planta se seca, como forraje por parte del ganado que hace ramoneo, y la recolección del fruto por las personas aledañas a las áreas donde se desarrolla la planta.

*M. geometrizans* es una planta endémica de México y forma parte de la selva baja caducifolia, del pastizal natural y de matorrales; crece en planicies, mesetas y laderas secas, y en altitud de 1,650 a 2,200 msnm, con un clima seco árido, semicálido, con lluvias en verano, una precipitación anual entre 380 y 450 mm, y temperatura promedio anual de 21°C. Su distribución es muy amplia por lo que se le encuentra en los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Pérez-González, 1999; Hernández y Gómez, 2011).

El fruto es una baya pequeña de 1 a 2 cm de diámetro, globoso hasta elipsoide, color purpúreo, sin espinas; la floración de *M. geometrizans* se lleva a cabo en primavera, y la fructificación de mayo a septiembre (Hernández-López et al., 2008). Por las características de la planta (muchas espinas, ramas que se tapan unas con otras) y la baja demanda del fruto, un alto porcentaje de la producción permanece en la planta y se pierde.

El fruto de *M. geometrizans* tiene una alta calidad nutrimental: pues tiene más proteína (0.8%) que la mora azul, alto contenido de fibra (36.9%), alto contenido de vitamina C (26.5 mg/100 g) más que algunos cítricos, fuente importante de potasio, hierro y zinc, y contiene compuesto antioxidante (taninos, ácidos fenólicos y betalaínas) (USDA, 2017; Guzmán-Maldonado et al., 2010; Gebhardt et al., 2008; y Hernández-López et al., 2008).

Las localidades y territorios tienen un conjunto de recursos (económicos, humanos, institucionales y culturales) y de economías de escala no explotadas, que constituye su potencial de desarrollo (Vázquez, 2000). En este sentido, productoras de la comunidad del Garabatillo, ubicada en el municipio de Dolores Hidalgo, Gto., se acercaron a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado para que les apoyaran con un proyecto para aprovechar el fruto de garambullo, fue así que se desarrollaron un proyecto de investigación y productivo para tal fin, a cargo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. En este sentido, la finalidad del estudio fue potencializar el uso del fruto de garambullo de manera sustentable, mediante la mejora de las condiciones del área y con el desarrollo de diversos productos a base de la fruta.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se realizó en la comunidad de Garabatillo, en el municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato, México. La comunidad está entre las coordenadas 21.317925oN y -100.748816oW; él es clima semiseco con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 16° C; y la precipitación pluvial es de 387.5 mm promedio anual. Para llegar a la comunidad del Garabatillo se llega por un camino que inicia en Covadonga, comunidad que está situada sobre la carretera Dolores Hidalgo-San Luís de la Paz.



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Se ha trabajado con productoras y productores de la comunidad desde 2017, donde se han realizado capacitaciones desde el establecimiento de viveros, la reforestación del área de uso común, hasta la elaboración de productos a base del fruto de garambullo.

La comunidad del Garabatillo tiene un área de 300 hectáreas de uso común donde hay una población importante de garambullos. En esta área se desarrollaron cuatro actividades: 1) Colecta de 2,000 esquejes para su establecimiento directo en campo y para su desarrollo en vivero, 2) Actividades de conservación del suelo (cerca de piedra acomodada, presas de piedra acomodada y cabeceo de cárcavas) en áreas del terreno donde se tenían problemas de arrastre de materiales, 3) Reforestación con esquejes en 20 hectáreas tanto de los desarrollados en vivero como los esquejes plantados directamente después de cortarlos, y 4) Revisión del volumen de fruto de garambullo colectado.

Se realizó una evaluación de los trabajos realizados en campo y del volumen de extracción del fruto de garambullo para determinar su aprovechamiento sustentable.

## Resultados y Discusión

### *Diagnóstico del área*

En base a los recorridos de campo y con el apoyo de imágenes de satélite se determinó tres gradientes de población, escasa, con menos de 100 ejemplares de garambullo por hectárea; intermedia, entre 100-400 ejemplares; y alta, con más de 400 ejemplares por hectárea, con una media 350 ejemplares por ha.

### *Colecta de esquejes y establecimiento de viveros*

La colecta de esquejes se realizó sin contratiempos, llevándolos a un área protegida para permitir la cicatrización del corte, después de 15 días se distribuyeron 1,000 ejemplares entre las mujeres productoras para que establecieran sus viveros, mientras que los otros 1,000 ejemplares se llevaron al área original para reforestar las áreas dentro del uso común con menos ejemplares (Figura 2).

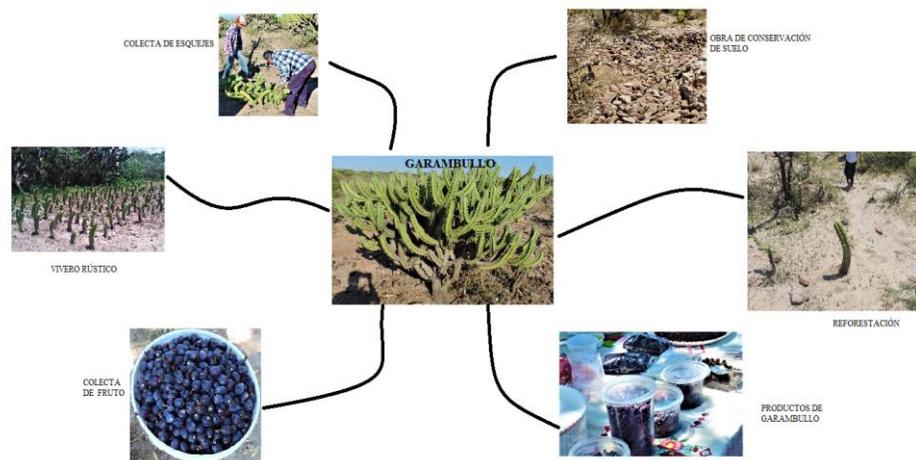


Figura 2. Acciones realizadas en base al garambullo.

### *Obras de conservación del suelo*

Las obras de conservación del suelo fueron de tres tipos de obras básicas: barreras de piedra acomodada en curvas a nivel, cabeceo de cárcavas y presas de piedra acomodada. Las barreras de piedra acomodada fueron mediante cinco líneas de 1,100 metros separadas entre 20 y 25 metros entre líneas, para una superficie aproximada de 15 hectáreas. El cabeceo de cárcavas fue desarrollado en dos áreas al centro del predio donde se tenían mayores problemas de arrastre de materiales y se hacen escorrentías superficiales en tiempo de lluvias que arrastran materiales al bordo que se tiene para la comunidad; donde el área involucrada está calculada en 15 hectáreas. Las presas de piedra acomodada se realizaron en la misma área del cabeceo de cárcavas sobre las escorrentías para disminuir su velocidad, además que favorece que los materiales se vayan acumulando aguas arriba de las presas y con esto menor cantidad de materiales que lleguen a un bordo aguas abajo.

### *Reforestación con garambullo*

Para la reforestación que se realizó, se hizo un inventario de sobrevivencia a los tres (muestreo uno) y seis meses (muestreo dos) de los esquejes plantados, tanto los establecidos directamente como los desarrollados en los viveros. Se pudo observar que plantar los esquejes enraizados tiene una mayor sobrevivencia en campo, en comparación con los esquejes plantados directamente. Se tuvo en promedio una sobrevivencia del 70.3% para los esquejes establecidos directamente y de 90.6% para los esquejes enraizados en vivero, lo que es un excelente valor dado que no se tenía una caracterización de este tipo de reforestaciones.

### *Productos de garambullo*

El uso del fruto de garambullo ha tenido desde el desarrollo de productos a base de garambullo (mermelada, ate, pasas enchiladas, pasas con chocolate, etc.) parte del presente proyecto para su difusión en ferias y eventos demostrativos, su empleo como fuente de alimento para personas con diabetes por parte de la Universidad de Guanajuato, y su comercialización para el público en general.

### *Extracción de frutos de garambullo*

Respecto a la cuantificación de volumen de extracción del garambullo, se hizo solamente el seguimiento de las productoras que participan en el proyecto, a quienes se les estimó 950 kg de fruto, tanto en fresco como en seco (pasa). Si consideramos una media de extracción, en base a otros estudios, de 500 gr por hectárea, con el volumen extraído por el grupo apenas se estaría colectando lo de dos hectáreas, quedando aún más de 290 hectáreas por colectar.

Hay que considerar, que existen otros grupos y familias que realizan la recolección del fruto y que lo destinan para la venta a neverías de la Ciudad de Dolores Hidalgo, para la venta en fresco en los mercados locales y para autoconsumo. Sin embargo, es difícil estimar en número de grupos o personas que realizan esta actividad pues el área de uso común está rodeada por al menos cinco comunidades (El Garabatillo, Catalán del Refugio, Noria de Catalán, Cerritos Blancos y Las Liebres). Sin embargo, la presión que se tiene del recurso, es aún menor a la producción de fruta, esto es notorio porque quedan muchos frutos sin colectar, por lo que será necesario profundizar en indicadores demográficos y los componentes bióticos, pues pueden mermar su capacidad de brindar servicios ambientales.

### **Conclusiones**

El aprovechamiento del fruto de garambullo por la comunidad del Garabatillo resulta sustentable porque se han mejorado las condiciones del sitio y porque aún no se tiene una sobreexplotación del fruto por parte de los lugareños.

## Literatura Citada

- Gebhardt, S. E., Lemar, L. E., Haytowitz, D. B., Pehrsson, P. R., Nickle, M. S., Showell, B. A., et al. (2008). USDA national nutrient database for standard reference, release 21. USDA National Nutrient Database for standard reference. Available from: <<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>>.
- Guzmán-Maldonado, S. H., Herrera-Hernández, G., Hernández-López, D., Reynoso-Camacho, R., Guzmán-Tovar, A., Vaillant, F. y Brat, P. 2010. Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico. *Food Chem.* 121:381-386.
- Guevara R., M.L.; M.B.R. Téllez M.; y M.L. Flores L. 2015. Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales desde la visión de las comunidades indígenas: Sierra Norte del Estado de Puebla. *Revista Electrónica Nova Scientia*, N° 14 Vol. 7 (2), 2015. ISSN 2007 - 0705. pp: 511 – 537, Puebla, México.
- Hernández, H. M. y Gómez C. (2011). Mapping the cacti of Mexico. Their geographical distribution based on referenced records. Conabio-DH Books. Milborne Port. 128 p.
- Hernández-López, D., Vaillant, F., Camacho-Reynoso, R. y Guzmán-Maldonado, S. H. 2008. *Myrtillocactus* (cactaceae): botanical, agronomic, physicochemical and chemical characteristics of ruti. *Fruits* 63:201-208.
- Maruri, B., Guimont, A., Sánchez, E., Gravel, N., Dubé, M. C. (2010). La protección de los recursos naturales en la comunidad de El Arbolito: Íncipit de un proceso de gobernanza ambiental para el Semidesierto Queretano. En: Ruelas L. C., Travieso, A. C. (coords.) *Gobernanza ambiental para el manejo sustentable de recursos: la experiencia de Canadá en México*. El Colegio de Veracruz, Universidad Veracruzana, Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Embajada de Canadá en México y Asociación Mexicana de Estudios sobre Canadá. Xalapa, Veracruz, México.
- Maruri B., Ugalde Y.H., Hernández M.M., Sánchez E. 2020. Etbotánica de la flora cactológica queretana, simiente para la mejora integral del medio rural. *Revista Nithe*, número 33, mayo-agosto de 2020: pp 63-72, Querétaro, México.
- Pérez-González S. 1999. Estudio etnobotánico, ecológico y de usos potenciales del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) como base para su domesticación y cultivo, *Cuad. Trab. Sist. Investig.* Miguel Hidalgo, Querétaro, México, 1999, 35 páginas.

## **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FITOQUÍMICA DE LOS CLADODIOS DE *O. engelmannii*, *O. phaeacantha*, *O. macrocentra* y *O. ficus-indica***

José Valero Galván\*, Itzel Yasmin Cardona Chavira, Vanelli Morillon Luna,  
Claudia Sofia Jurado Enríquez, Raquel González Fernández, Joaquín Rodrigo García,  
Nina del Rocío Martínez Ruiz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Av. Plutarco Elías Calles, Fovissste Chamizal. Ciudad Juárez, Chihuahua. C.P. 32310. \*Autor de correspondencia: jose.valero@uacj.mx

### **Introducción**

El género *Opuntia* Mill. (1754) es uno de los géneros dentro de la familia de las cactáceas más diverso y ampliamente distribuido en el continente americano, pero la mayor riqueza de especies silvestres se encuentra en México, con al menos 126 especies documentadas (Santos-Díaz et al., 2017). Aunque, este género es un componente dominante de la vegetación de la zona mexicana del desierto de Chihuahua, poco se conoce sobre las especies silvestres que se desarrollan en estas zonas, esto a pesar de su valor económico, cultural y ambiental. Actualmente, existe un interés creciente en evaluar el uso de productos subutilizados que pueden impactar en la nutrición y dieta humana (Hunter et al., 2019), especialmente en las zonas rurales donde se busca también mantener los recursos naturales y salvaguardar la biodiversidad en estas zonas.

Las comunidades de vegetación de opuntias en nuestro país representan un papel esencial en la modulación de microclimas locales, tanto en el mantenimiento del régimen hidrológico de las cuencas, como en el abastecimiento de cladodios y frutas comestibles, tanto para la fauna silvestre asociada y ganado doméstico (Illoldi-Rangel et al., 2012). Así mismo, estos productos se utilizan como ingredientes en la cocina tradicional mexicana y en la producción de alimentos como jugos, mermeladas, néctares y fructosa. Además, su consumo proporciona minerales, lípidos, contenido de proteínas y fibra dietética, los cuales podría tener efectos sobre la salud de la población que los consume, principalmente relacionado con el alto contenido de compuestos antioxidantes, pigmentos, ácidos fenólicos, bio péptidos y fibras solubles de estas plantas (Albano et al., 2015; Mena et al., 2018; Santos-Díaz et al., 2017).

La especie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (1768) es la más domesticada y cultivada en nuestro país, por lo que su composición química y valor nutricional han sido bien establecidos (Aragona et al., 2018). Los cladodios se pueden usar para realizar mermelada, salsa picante o encurtidos y confitados. Varios estudios han mostrado que los cladodios al igual que las tunas contienen compuestos con acción farmacológicas, incluyendo emolientes y efectos de cicatrización de heridas, efectos hipocolesterolémicos, inhibición de ulceración de estómago, efectos neuroprotector, hipoglucémico y antidiabético (Galati et al., 2007, Hamdi, 2006, Yang et al., 2008).

Los cladodios de *O. ficus-indica* también representan una fuente de rica de fitoquímicos, como fenólicos y flavonoides, minerales y otros nutrientes. Sin embargo, muchas de estas propiedades han sido estudiadas en cladodios de *Opuntia ficus-indica* y no en otras especies silvestres que son infrautilizadas, por lo que estos estudios son también necesarios para establecer la importancia y usos potenciales de estas especies silvestres.

*O. engelmannii* Salm-Dyck de Engelm. (1850), *O. macrocentra* Engelm. (1856) y *O. phaeacantha* Engelm. (1849) son las tres especies silvestres más extendidas de Opuntias que se encuentran en el desierto chihuahuense del Estado de Chihuahua (Núñez-Gastélum et al., 2018). Aunque los cladodios de estas especies son recolectados y consumidos por la población local, sus atributos sensoriales, propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas y capacidad antioxidante son poco conocidos. En estudios previos se encontró que las semillas de los frutos de estas tres especies silvestres podrían ser una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados y su consumo podrían contribuir a mejorar la salud de la población en estas zonas, por lo que su consumo debería fomentarse (Núñez-Gastélum et al., 2018).

En un estudio posterior, se realizó la comparación del perfil sensorial y análisis fisicoquímico y proteico entre las tunas de estas tres especies versus *O. ficus-indica* tuna verde y roja, donde el análisis sensorial mostró un olor intenso, reducido dulzor ligeramente ácido y baja dureza en los frutos de las especies silvestres, lo que puede favorecer su consumo. La composición química de la pulpa de estas especies silvestres presentó un mayor contenido en proteínas, lípidos y minerales que las especies comerciales. Así, la pulpa de las tunas de *O. phaeacantha* y *O. engelmannii* podría ser una buena fuente de fibra dietética y fuente de lípidos. Las tunas silvestres también mostraron un mayor contenido de compuestos fenólicos totales en pulpa y cáscara, mientras que el contenido total de flavonoides fue mayor tanto en estos tejidos como en las semillas, siendo la especie *O. engelmannii*, la que mostró un mayor contenido de betacianinas, betaxantinas y betalaínas. Por tanto, las frutas de las especies silvestres mostraron una mejor capacidad antioxidante que los frutos de la especie comercial (Valero-Galván et al., 2020). En el presente estudio se pretende realizar las caracterizaciones morfológicas, fisicoquímicos, antioxidantes y proteicos de los cladodios de *O. macrocentra*, *O. phaeacantha* y *O. engelmannii* de la Sierra de Samalayuca, Chihuahua, México y compararlos con los de la especie comercial *O. ficus-indica*.

## Materiales y Métodos

Los cladodios de la variedad comercial *O. ficus-indica* se obtuvieron de un mercado local en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Los cladodios de las tres especies silvestres se recolectaron en el mes de mayo en la Sierra de Samalayuca ubicada a 50 km al sur de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, México en la latitud 31°39'36"-29°25'12"N y longitud 109°02'24"-107°14'24". Cabe resaltar que el área donde se realizó la recolecta de las muestras no se encuentra incluida en el área protegida de Samalayuca, además las especies que se analizaron no forman parte de la lista de especies nativas de México con Categorías de riesgo en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el área se seleccionaron aleatoriamente 20 plantas sanas de cada una de las tres especies y por cada planta se seleccionaron 2 cladodios. Los cladodios se cortaron usando una navaja realizando un corte transversal en la base y se almacenaron en sobres de papel, los cuales se etiquetaron y transportaron al Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez localizada en Ciudad Juárez, Chihuahua. En el laboratorio los cladodios se lavaron con una solución de hipoclorito al 2% durante dos min, se enjuagaron dos veces con agua corriente y una vez con agua destilada para eliminar los residuos del hipoclorito, después los cladodios se dejaron secar a temperatura ambiente por 20 min en una cámara de flujo laminar previamente esterilizada y se almacenarán a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su evaluación.

La caracterización morfológica de los cladodios se realizó en 10 cladodios seleccionados aleatoriamente y se determinaron el peso fresco, la coloración que presentan, largo, ancho, área, perímetro y número de gloquidios.

La composición fisicoquímica y fitoquímica de los cladodios se analizó por triplicado de cada una de las cuatro especies de acuerdo con los métodos propuestos por la AOAC (2000). El contenido de humedad se determinó en una estufa (VWR®, Modelo 1324, Irving, TX, EE. UU.) a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 72 h. El contenido de ceniza se determinó en un horno de mufla (Felisa®, Modelo FE-340, Jalisco, México) a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 5 h. El pH se determinó con el método de potenciometría (Accumet®, Modelo AB15 Plus, Westford, MA, EE. UU.). El contenido total de fenoles se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Kähkönen et al., (1999). La cuantificación de los fenoles totales se realizó determinando la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro de UV-VIS (BioRad®, Model xMark, Ciudad de México, México), usando ácido gálico como estandar. El contenido fenólico total en las muestras se expresó como mg de equivalentes de ácido gálico por g (mg EAG/g). Los azúcares reductores se determinaron mediante una reacción colorimétrica utilizando el método de ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) (Sigma-Aldrich®, pureza 98.0%). En tubos de ensayo de vidrio (3.3 Fisherbrand™) de 10 mL se añadieron 300  $\mu\text{L}$  de la muestra de extracto metanólico diluido 1:10 y 600  $\mu\text{L}$  del reactivo de DNS. Los tubos se colocaron en baño seco (Thermo Scientific™) a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 10 min. Al transcurrir el tiempo, inmediatamente se enfriaron a baño de hielo por 5 min. Se tomaron 250  $\mu\text{L}$  y se verterán en los pocillos de una microplaca (Simport™). La absorbancia se leyó a 540 nm usando el lector de microplacas UV-Vis. Los datos se obtuvieron con el software de computadora Microplate Manager 6.0. Además, se realizó una curva de calibración utilizando glucosa (Sigma-Aldrich®, pureza 99.5%) 10 mM como estándar y los resultados se expresaron como mg de equivalentes de glucosa por g (mg Glu/g). El contenido de clorofilas se terminó usando la metodología y las ecuaciones propuesta por Ritchie (2008).

Los resultados obtenidos se evaluaron en el programa IBM® SPSS® Statistics versión 23. Los datos se analizaron a través de un análisis de ANOVA para determinar el efecto de especie y cada variable determinada y las diferencias significativas se analizaron mediante prueba de medias de comparación múltiple de Duncan.

## Resultados y Discusiones

El análisis morfológico de los cladodios de las cuatro especies de *Opuntias* mostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). La especie comercial (*O. ficus-indica*) mostró los valores más elevados en el peso, largo, diámetro, área, perímetro y longitud de la base de los cladodios, sin embargo, las especies silvestres *O. macrocentra* y *O. phaeacantha* presentaron los valores más pequeños. En este estudio no se observaron diferencias estadísticas significativas en el pH ( $4.9 \pm 0.05$ ), azúcares solubles (agua) ( $1.1 \pm 0.0$  °Bx) y cenizas ( $13.2 \pm 1.6$  %) en los cladodios de las cuatro especies analizadas. Sin embargo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad, materia seca. Las especies silvestres presentaron los valores más bajos en el porcentaje de humedad y los valores más altos en materia seca, mientras que la especie comercial (*O. ficus-indica*) presentó los valores más altos en el contenido de humedad ( $92.2 \pm 4.2\%$ ) y los valores más bajos en materia seca ( $7.8 \pm 4.2\%$ ). Además, los cladodios de la especie comercial presentaron los valores más elevados en los azúcares solubles disueltos en etanol ( $21.1 \pm 0.1$  °Bx), metanol ( $4.3 \pm 0.2$  °Bx) y azúcares reductores ( $323.4 \pm 6.3$  mg Glu/g). Sin embargo, los cladodios de *O. macrocentra* presentaron los valores más elevados en el contenido de flavonoides totales ( $1.08 \pm 0.01$  mg CAT/g), mientras que la especie *O. phaeacantha* presentaron los valores más elevados en el contenido de fenoles totales ( $0.68 \pm 0.11$  mg EAG/g). El análisis del contenido de clorofila mostró diferencias estadísticas significativas entre los cladodios de las cuatro especies de *Opuntias*. Los cladodios de la especie *O. engelmannii* mostró los valores más elevados en el contenido en la clorofila a ( $7.5 \pm 0.5$ ) y total ( $10.0 \pm 0.8$ ) en los extractos etanólicos, sin embargo, los cladodios de *O. ficus-indica* presentaron los valores más elevados en el contenido de clorofila b ( $4.6 \pm 1.1$ ), mientras que la especie *O. phaeacantha* mostró los valores más elevados en el contenido en la clorofila c ( $2.1 \pm 0.6$ ), clorofila d ( $1.5 \pm 0.5$ ) y total ( $11.9 \pm 1.2$ ) en los extractos metanólicos.

## Conclusión

Los cladodios de las especies silvestres de este estudio tienen importantes propiedades nutrimentales y podrían ser una fuente potencial de ingredientes funcionales para la elaboración de alimentos y en la obtención de nutraceuticos que beneficien la salud del consumidor.

## Literatura Citada

- AOAC. International. Official Methods of Analysis, 15th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA, 2000.
- Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., De Bellis, L., & Blando, F. (2015). Betalains, Phenols and Antioxidant Capacity in Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] Fruits from Apulia (South Italy) Genotypes. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 4(2), 269-280. <https://doi.org/10.3390/antiox4020269>
- Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., & Faggio, C. (2018). *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural Product Research*, 32(17), 2037-2049. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1365073>

- Galati, E. M.; Monforte, M. T.; Miceli, N.; Mondello, M. R.; Taviano, M. F.; Galluzzo, M.; Tripodo, M. M. 2007. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. mucilages show cytoprotective effect on gastric mucosa in rat. *Phytother. Res.*, 21, 344–346.
- Hamdi, M. Nutritional and medicinal uses of prickly pear cladodes and fruits. In *Handbook of Fruits and Fruit Processing*; Hui, Y. H., Bate, J., Cano, M. P., Gusek, T. W., Sidhu, J. S., Sinha, N. K., Eds.; Blackwell Publishing: Oxford, U.K., 2006.
- Hunter, D., Borelli, T., Beltrame, D. M. O., Oliveira, C. N. S., Coradin, L., Wasike, V. W., Wasilwa, L., Mwai, J., Manjella, A., Samarasinghe, G. W. L., Madhujith, T., Nadeeshani, H. V. H., Tan, A., Ay, S. T., Güzelsoy, N., Lauridsen, N., Gee, E., & Tartanac, F. (2019). The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. *Planta*, 250(3), 709-729. <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03169-4>
- Iloldi-Rangel, P., Ciarleglio, M., Sheinvar, L., Linaje, M., Sánchez-Cordero, V., & Sarkar, S. (2012). *Opuntia* in México: Identifying Priority Areas for Conserving Biodiversity in a Multi-Use Landscape. *PLOS ONE*, 7(5), e36650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036650>
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954-3962. <https://doi.org/10.1021/jf990146l>
- Mena, P., Tassotti, M., Andreu, L., Nuncio-Jáuregui, N., Legua, P., Del Rio, D., & Hernández, F. (2018). Phytochemical characterization of different prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) cultivars and botanical parts: UHPLC-ESI-MSn metabolomics profiles and their chemometric analysis. *Food Research International*, 108, 301-308. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.062>
- Núñez-Gastélum, J. A., González-Fernández, R., Hernández-Herrera, A., Campas-Baypoli, O., Rodríguez Ramírez, R., Lobo, N., & Galván, J. (2018). Morphological characteristics, chemical composition and antioxidant activity of seeds by four wild *Opuntia* species from North of Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 20, 2333.
- Ritchie, R.J. (2008). Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls a, b, c, and d and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetone, methanol, or ethanol solvents. *Photosynthetica* 46 (1): 115-126.
- Santos-Díaz, M. del S., Barba de la Rosa, A.-P., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F., & Nègre-Salvayre, A. (2017). *Opuntia* spp.: Characterization and Benefits in Chronic Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 8634249. <https://doi.org/10.1155/2017/8634249>
- Valero-Galván, J., González-Fernández, R., Sigala-Hernández, A., Núñez-Gastélum, J. A., Ruiz-May, E., Rodrigo-García, J., Larqué-Saavedra, A., & Martínez-Ruiz, N. del R. (2020). Sensory attributes, physicochemical and antioxidant characteristics, and protein profile of wild prickly pear fruits (*O. macrocentra* Engelm., *O. phaeacantha* Engelm., and *O. engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm.) and commercial prickly pear fruits (*O. ficus-indica* (L.) Mill.). *Food Research International*, 109909. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109909>

## ECOLOGÍA DE *Echinocactus horizonthalonius* (Cactaceae) DENTRO DE LA REGIÓN MEDANOS DE SAMALAYUCA

José María Arguijo-Nuñez, Raquel González-Fernández, José Valero-Galván\*

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Av. Plutarco Elías Calles, Fovissste Chamizal. Ciudad Juárez, Chihuahua. C.P. 32310. \*Autor de correspondencia: jose.valero@uacj.mx

### Resumen

Actualmente existen pocos estudios sobre la ecología de *Echinocactus horizonthalonius*, por lo que el objetivo del presente estudio consistió en determinar la estructura poblacional, la morfometría de la semilla y el comportamiento de germinación bajo diferentes gradientes altitudinales de individuos procedentes de la Sierra Presidio de Samalayuca, Chihuahua. Se contabilizaron un total de 124 individuos en cinco cuadrantes de 100 m<sup>2</sup>, obteniéndose una densidad media de 0.23 ind/m<sup>2</sup>. La estructura poblacional mostró 6 Clases fenológicas; observándose una mayor proporción de los individuos de la Clase 1 y Clase 2 con relación a una baja proporción de individuos de las Clases 5 y 6. El análisis de semillas mostró que en el cuadrante 5, las semillas presentan mayor longitud, diámetro, área, perímetro y volumen, sin embargo, en el cuadrante 1 las semillas presentaron un mayor peso. El análisis de semillas mostró que en el cuadrante 5, las semillas presentan mayor longitud, diámetro, área, perímetro y volumen, sin embargo, en el cuadrante 1 las semillas presentaron un mayor peso. Los resultados del análisis de germinación mostraron que en el cuadrante 1 se presenta un mayor porcentaje de germinación (15.55%), índice de velocidad de germinación (0.68 días) y tiempo medio de germinación (11.83 días), para la velocidad media de germinación se registraron valores más altos de semillas en el cuadrante 4 (0.16 días).

### Introducción

La especie *Echinocactus horizonthalonius* se desarrolla a elevaciones que varían entre los 800 y 1.800 msnm, se define por presentar un tallo globoso semi deprimido de hasta 30 cm de altura y 15 cm de diámetro, típicamente con 8 costillas formando tubérculos rectos suaves o dispuestos en espiral (Bravo, 1991; Ruiz, 2012). En plantas, se conoce la existencia de una variación de caracteres morfológicos y anatómicos que son generados por factores ambientales dentro de los gradientes altitudinales. Las poblaciones de aquellas especies que son aptas para lograr tolerar la presión generada por el ambiente lograrán alcanzar mayor rango de altitud (Cabral, Quezada, & Saldaña, 2016). Dentro del estado de Chihuahua existe escasa información acerca de las características morfométricas tanto de la semilla como de la planta de *E. horizonthalonius* por lo que el propósito de la investigación consta en generar información sobre la ecología de *E. horizonthalonius* al comparar las variables morfométricas y la capacidad de germinación con base al gradiente altitudinal de procedencia.

## Materiales y Métodos

Se realizó un recorrido durante el mes de noviembre 2019 con una duración de 6 h. Se seleccionaron de forma aleatoria 5 cuadrantes de terreno de 10 x 10 m de largo y ancho (100 m<sup>2</sup>/cuadrante), abarcando un total de 500 m<sup>2</sup>; los cuadrantes del 1 al 5 presentaron las siguientes altitudes 1307, 1309, 1318, 1335 y 1385 msnm, respectivamente. En cada uno de los cuadrantes, se localizaron todos los individuos de *E. horizonthalonius* y se fijó su georreferenciación mediante un localizador GPS. se midió la altura, diámetro, número de botones florales, número de costillas presente para cada individuo. Para determinar las etapas vegetativas de los individuos de *E. horizonthalonius*, se emplearon los datos de diámetro y altura medidos de la planta para determinar su volumen, se utilizó la fórmula  $V=\pi Xr^2Xaltura$ , y a partir de éste se establecieron seis clases para catalogar a los diferentes individuos estudiados (Tabla 1).

Tabla 1. Etapas fenológicas de *E. horizonthalonius* en función de su tamaño.

Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI
(0-385 cm <sup>3</sup> )	(386-770 cm <sup>3</sup> )	(771-1154 cm <sup>3</sup> )	(1155- 1539 cm <sup>3</sup> )	(1540-1924 cm <sup>3</sup> )	(1925> cm <sup>3</sup> )

Se obtuvieron semillas de los frutos en aquellos individuos que las presentaban en cada cuadrante. Estas se resguardaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, se etiquetaron con base en el cuadrante de procedencia, individuo, fecha, coordenadas y se transportaron al laboratorio de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Para cuantificar las mediciones morfométricas de las semillas se emplearon un total de 20 semillas por cuadrante, se colocaron sobre un papel milimétrico alineadas a una distancia de 1 mm y posteriormente se tomó la fotografía, determinando área, perímetro, longitud y diámetro de cada una de las semillas de los gradientes seleccionados.

La germinación se realizó durante 20 días en una cámara bioclimática a una temperatura constante de 25 grados centígrados con un fotoperiodo proveniente de lámparas de luz fría fluorescente con un ciclo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. A partir de los datos obtenidos se emplearon las fórmulas propuestas por Souza, Gasparetto, Lopes y Barros (2016), para estimar valores del porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, tiempo promedio de germinación y velocidad media de germinación. Todos los datos obtenidos se analizaron en el paquete estadístico SPSS y en Excel. Los análisis morfométricos de las semillas se procesaron en el programa ImageJ.

## Resultados y Discusión

Los valores en la densidad de las plantas obtenidos en nuestro estudio se recabaron en base al conteo visual del número total de individuos en un área total de 500 m<sup>2</sup>, contabilizando un total de 124 individuos y obteniendo una densidad media de 0.23 ind/m<sup>2</sup> (Figura 1).

Aunque no existen estudios de la densidad de plantas en poblaciones de *E. horizonthalonius* en el estado de Chihuahua, se ha determinado una densidad de 0.13 individuos/m<sup>2</sup> en poblaciones de *E. platyacanthus* en el estado de Hidalgo (Ruíz-Barrera, 2012). Así mismo, la densidad presente una población de *E. parryi* en la sierra de Samalayuca fue de 0.118 individuos/m<sup>2</sup> (Trejo-Alvarado, 2018).

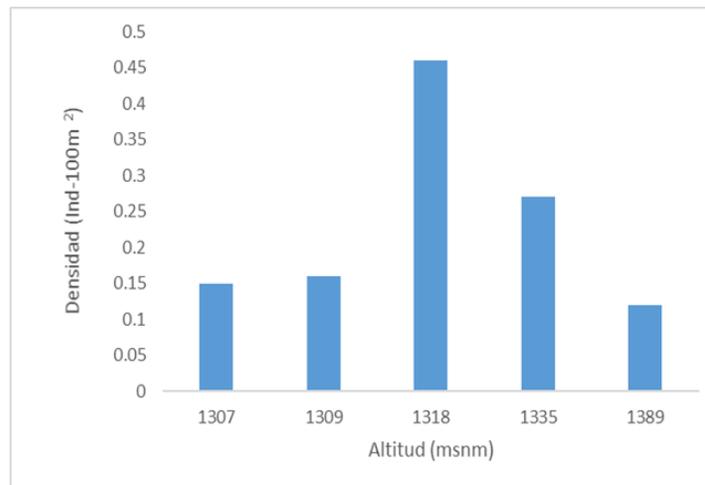


Figura 1. Densidad de *E. horizonthalonius* presente en el gradiente altitudinal Sierra de Presidio, Chihuahua, México.

El análisis del volumen de las plantas de *E. horizonthalonius* demostró que la Clase 1 fue la más abundante ya que, además de presentarse en todo el gradiente altitudinal, se observó una proporción mayor respecto a las demás clases en cada gradiente, siendo el gradiente 1309 el que presentó la frecuencia más alta (93.5%) y el gradiente 1307 la más baja (40%) para dicha clase. Se observó que las categorías referentes a plántulas y adultos fueron más escasos con relación a la proporción de individuos juveniles, que fue la más abundante. Por lo cual se podría determinar un crecimiento de tipo estable en dicha población, sin embargo, nuestros resultados coinciden con los encontrados en un estudio de la estructura poblacional para *E. parryi* en la sierra Samalayuca, Chihuahua (Trejo-Alvarado, 2018), donde se encontró un desarrollo para la población de tipo progresivo, determinándose una mayor frecuencia de plántulas en relación con la frecuencia de juveniles y adultos en los sitios evaluados.

El análisis de las características morfológicas de las semillas mostró diferencias significativas entre los cuadrantes analizados. En general, se observó que las semillas del cuadrante 5 presentaron los valores más altos en longitud, diámetro, área, perímetro y volumen, mientras que las semillas del cuadrante 1 presentaron los valores más bajos en longitud, diámetro, área, perímetro y volumen. El peso de la semilla del cuadrante 2 fue el más bajo, mientras que el promedio del peso de las semillas del cuadrante 5 fue el más alto.

Los resultados obtenidos para los parámetros de germinación de las semillas no mostraron diferencias significativas para el índice de velocidad de germinación, tiempo medio de germinación y la velocidad media de germinación entre los cinco cuadrantes, sin embargo, el porcentaje de germinación de semillas presentó diferencias estadísticamente significativas, oscilando de 3.3% (Cuadrante 5) a 15.5% (Cuadrante 1).

## Conclusiones

Se considera que la población de *E. horzonthalonius* en la sierra Presido, Samalayuca, presenta un desarrollo progresivo, debido a que preponderadamente se determinaron un mayor número de plántulas y juveniles, respecto al número de adultos que fueron relativamente escasos. Así mismo, se encontró que las semillas del cuadrante 5 presentaron las mejores características morfológicas, mientras que las semillas del cuadrante 1 presentaron características inferiores. El peso de la semilla del cuadrante 2 fueron las más livianas y las del cuadrante 5 las más pesadas. El porcentaje de germinación de esta en general fue bajo, esto debido a que probablemente es una especie que las semillas requieran un proceso de escarificación, por lo que en futuras investigaciones se podrían analizar los procesos de germinación de *E. horzonthalonius* usando medios alternativos para aumentar su germinación en condiciones in vitro.

## Literatura Citada

- Bravo, H. (1978). Las cactáceas de México. (1a ed.) México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cabral, T., Quezada I., & Saldaña, A. (2016). Variación en atributos anatómicos asociados a la conducción y almacenamiento de agua, en tres poblaciones de *Maihuenia poeppigii* (Otto ex Pfeiff.) K. Schum. (Cactaceae) en un gradiente altitudinal. *Botánica*, 73(1), 9-18. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432016000100002>
- Ruiz-Barrera C. (2012). Distribución y Etnobotánica de *Echinocactus Platyacanthus* Link & Otto (Cactaceae) en el Valle del Mezquital. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de México). Recuperado de <https://tinyurl.com/yyekjkc>.
- Souza, L. F., Gasparetto, B., Lopes, R., & Barros, I. (2016). Temperature requirements for seed germination of *Pereskia aculeata* and *Pereskia grandifolia*, *Journal of Thermal Biology*, 57, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.01.009>.
- Trejo-Alvarado, J. (2018). Aspectos ecológicos de *Echinocactus parryi* (Engelmann) con base en el gradiente sierra de Samalayuca. (Tesis de Licenciatura). Instituto de Ciencias Biomédicas, UACJ, México.

## ANÁLISIS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE MURCIÉLAGOS EN EL MATORRAL XEROFITO DE PUEBLA, MÉXICO

Esteban Vieyra-Vargas<sup>1\*</sup>, Claudia Ballesteros-Barrera<sup>2</sup>, Bárbara Vargas-Miranda<sup>3</sup>,  
Rocío Zárate-Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Biología. <sup>2</sup>Departamento de Biología. <sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la Salud. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina A.P. 55-535, Ciudad de México 09340, México. \*Autor de correspondencia: estebanw63@gmail.com

### Introducción

El estado de Puebla se ubica en la parte centro-este del país, tiene una superficie de 34 290 km<sup>2</sup>, que representa el 1.7 % del espacio total nacional. Se caracteriza por una amplia heterogeneidad topográfica ya que alberga cuatro grandes provincias biogeográficas: la Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur (Saldaña-Munive, 2001). Además, el estado posee gran diversidad de climas, marcados por los cambios de altitud de su relieve y lo que se traduce en una gran diversidad de tipos de vegetación que se pueden clasificar en tres grandes grupos: los bosques, selvas y matorrales, este último ocupa el 8.26 % de la superficie del Estado. Los matorrales xerófilos tienen gran importancia por su diversidad biológica, que es el resultado de procesos ecológicos y estrategias adaptativas dadas las condiciones de aridez. En dicha área las comunidades vegetales son más resistentes a las altas temperaturas y como consecuencia a la humedad ambiental relativa más baja. Las temperaturas en este tipo de vegetación oscilan entre los 15 a los 20°C y la precipitación total del año es menor a los 500 mm (INEGI, 1987).

Dentro de las especies a resaltar en los matorrales xerófilos se encuentran los murciélagos ya que desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de los ecosistemas al consumir una gran cantidad de insectos o bien al ayudar a polinizar y dispersar semillas de diversas plantas (Zárate-Martínez *et al.*, 2012), por ejemplo, muchas especies de agaves son específicamente polinizadas por algunas especies de murciélagos como *Leptonycteris nivalis*; este tipo de plantas son denominadas plantas quiropterofilas (Juárez-Castillo, 2005). Esta simbiosis es clave en ecosistemas áridos y semiáridos, por que ayudan a prevenir la erosión del suelo y aportar refugio y alimento a muchas especies de fauna. Sin embargo, aún falta tener un listado actualizado de las especies murciélagos que habitan en las zonas áridas de Puebla ya que conocer la distribución geográfica de las especies de murciélagos es de gran utilidad para entender los patrones y los procesos que explican la biodiversidad y que son la materia prima para planear su conservación. Es por esto que el objetivo de este trabajo fue analizar qué especies de quirópteros se encuentran en el matorral xerófilo del estado de Puebla.

## Materiales y Método

Los datos de presencia de la especie se obtuvieron de literatura especializada (Ramírez-Pulido *et al.*, 1995 y Vargas-Miranda *et al.*, 2008) así como de bases de datos digitales públicas: Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB, <https://www.snib.mx/>), The Global Biodiversity Information Facility (GBIF, [www.gbif.org](http://www.gbif.org)). La base de datos que se compiló con los registros fue depurada, en primera instancia se eliminaron datos duplicados y sin información correspondiente a la localidad y sin coordenadas, en caso de contar con las coordenadas estas fueron verificadas y corregidas de ser necesario por medio de Global Gazetteer Versión 2.3 (<http://www.fallingrain.com>) y Google Earth, además estas localidades fueron comparadas con los mapas de distribución conocidos, publicados en distintas fuentes (Hall, 1981; Ceballos *et al.*, 2002; Vargas-Miranda *et al.*, 2008; Ceballos, 2014). Se revisó que los nombres científicos de las especies en la base de datos fueran taxonómicamente válidos y se buscaron las diferentes sinonimias, para esto se tomó como referencia el trabajo de Ramírez-Pulido *et al.* (2014). Posteriormente con un sistema de información geográfica (QGIS 3.16.11) se superpusieron los tipos de vegetación de Puebla (Rzedowski, 1990) con las localidades obtenidas y se seleccionaron aquellas que cayeran en el matorral xerófilo. Además, se realizó una búsqueda bibliográfica de los hábitos alimenticios para conocer a que gremios pertenecen (Ceballos, 2014), endemismo y categorías de riesgo de cada una de las especies (NOM-059-2010).

## Resultados y Discusión

Los resultados de este estudio muestran 287 registros de 118 localidades en el matorral xerófilo del estado de Puebla, que corresponden a 44 especies, 27 géneros y 5 familias que representan el 64.7% del total de las especies de murciélagos del estado (Tabla 1). Cabe resaltar que en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, se encuentra el mayor número de localidades y registros (142) (Figura 1), esto puede deberse a que ha habido un mayor esfuerzo de colecta en dicho lugar. El resto de las zonas de matorral xerófilo han sido muy poco muestreadas en términos de este grupo de mamíferos. Algunos estudios sobre el análisis de la quiropterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, identificaron la presencia 34 especies, este dato es consistente con la cantidad de especies que se encontraron en este trabajo que también fueron 34 (Tabla 1). Los matorrales xerófilos han mostrado una riqueza mayor comparado con otros ecosistemas debido a la interacción de los hábitos alimenticios mutualistas entre plantas y murciélagos (Rojas-Martínez & Valiente-Banuet, 1996).

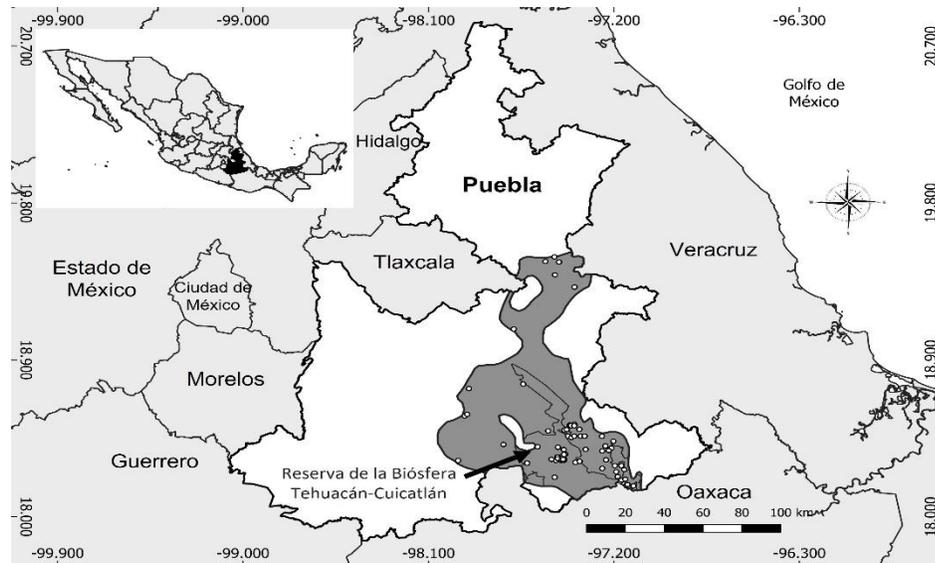


Figura 1. Localidades de registro de las especies de quirópteros registradas en el matorral xerófilo (polígono en gris oscuro) de Puebla.

La familia Phyllostomidae, que presenta 17 especies en este estudio, suele ser la familia más representativa en diversos tipos de vegetación, sin embargo, para el matorral xerófilo de Puebla, la familia Vespertilionidae es la más abundante con 21 especies. La estructura de especies presentes en el matorral xerófilo en este trabajo muestra diferentes gremios, en los cuales se encuentran los insectívoros con 33 especies, poliníferos (6), frugívoros (5), nectarívoros (3) y hematófagos (2) como es *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* (Tabla 1). Los vespertilionidos son en su mayoría insectívoros y este ecosistema presenta un alto nivel poblacional de insectos, que mantienen y representan una gran fuente de alimento (Miralles y Massanés 1995; Sosa y Soriano 1996). Los estudios hechos por Rojas-Martínez & Valiente-Banuet (1996) mostraron que más de la mitad de las especies de murciélagos que registraron en la reserva de la biósfera Tehuacán- Cuicatlán, presentaron una dieta principalmente insectívora. Estas especies brindan servicios ambientales en la regulación del tamaño poblacional de insectos, mantenimiento las cadenas alimenticias y en la producción de guano, útil como fertilizante (Wilson 2002).

Tabla 1. Familias, géneros y especies de los quirópteros en Puebla asociados con sus hábitos alimenticios (gremios), categoría de riesgo de la NOM-059-2010 y de la IUCN. \*Especies endémicas de México. I = Insectívoros, N = Nectarívoros, P = Polinífero, F = Frugívoro. ND = No Datos, A = Amenazada, Pr = Protegida, LC = Preocupación menor, VU = Vulnerable.

Familia	Especie	Gremio	NOM-059-2010	IUCN	
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	I	ND	LC	
Molossidae	<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	I	ND	LC	
	<i>Nyctinomops macrotis</i>	I	ND	LC	
	<i>Promops centralis</i>	I	ND	LC	
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	I	ND	LC	
	<i>Mormoops megalophylla</i>	I	ND	LC	
Mormoopidae	<i>Pteronotus parnellii</i>	I	ND	LC	
	<i>Anoura geoffroyi</i>	N/P/I	ND	LC	
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	F	ND	LC	
	<i>Artibeus lituratus</i>	F	ND	LC	
	<i>Centurio senex</i>	F	ND	LC	
	<i>Chiroderma salvini</i>	F	ND	LC	
	<i>Choeronycteris mexicana</i>	N/P	A	NT	
	<i>Dermanura azteca</i>	F	ND	LC	
	<i>Desmodus rotundus</i>	H	ND	LC	
	<i>Diphylla ecaudata</i>	H	ND	LC	
	<i>Glossophaga soricina</i>	N/P	ND	LC	
	<i>Leptonycteris nivalis</i>	P	A	VU	
	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	P	A	VU	
	<i>Macrotus waterhousii</i>	I	ND	LC	
	<i>Micronycteris megalotis</i>	I	ND	LC	
	<i>Micronycteris microtis</i>	I	ND	LC	
	<i>Sturnira lilium</i>	P/F/I	ND	LC	
	<i>Sturnira parvidens</i>	P/F/I	ND	LC	
	Vespertilionidae	<i>Corynorhinus mexicanus*</i>	I	ND	NT
		<i>Corynorhinus townsendii</i>	I	ND	LC
		<i>Eptesicus fuscus</i>	I	ND	LC
		<i>Euderma maculatum</i>	I	Pr	LC
<i>Idionycteris phyllotis</i>		I	ND	LC	
<i>Lasiurus blossevillii</i>		I	ND	LC	
<i>Lasiurus borealis</i>		I	ND	LC	
<i>Lasiurus cinereus</i>		I	ND	LC	
<i>Lasiurus ega</i>		I	ND	LC	
<i>Lasiurus intermedius</i>		I	ND	LC	
<i>Lasiurus xanthinus</i>		I	ND	LC	
<i>Myotis californicus</i>		I	ND	LC	
<i>Myotis ciliolabrum</i>		I	ND	LC	
<i>Myotis nigricans</i>		I	Pr	LC	
<i>Myotis thysanodes</i>		I	ND	LC	
<i>Myotis velifer</i>		I	ND	LC	
<i>Myotis yumanensis</i>		I	ND	LC	
<i>Nycticeius humeralis</i>		I	ND	LC	
<i>Rhogeessa alleni*</i>		I	ND	LC	
<i>Rhogeessa gracilis*</i>		I	ND	LC	
<i>Rhogeessa parvula</i>	I	ND	LC		

En el matorral xerófilo del estado de Puebla, se distribuyen 3 especies endémicas de México: *Corynorhinus mexicanus*, *Rhogeessa alleni* y *Rhogeessa gracilis* (Tabla 1). Estas 3 especies no se encuentran en una categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-2010, sin embargo, en la IUCN *R. alleni* y *R. gracilis* se encuentran en la categoría Preocupación menor (LC), mientras que *C. mexicanus* está catalogada como casi amenazada (NT).

En este ecosistema también se registró a *Leptonycteris nivalis*, *Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris yerbabuena*, que de acuerdo a la NOM-059-2010 son especies amenazadas (A), principalmente por la pérdida de su hábitat por actividades antropogénicas. En el caso de *Leptonycteris nivalis*, es una especie nectarívora que habita las zonas áridas y es migratoria en razón de la disponibilidad de alimentos y su ciclo reproductivo, además, tienen una fuerte interacción con la flora y fauna de este ecosistema, lo cual permite mantener la diversidad genética de plantas ecológica y económicamente importantes como es el caso del género *Agave*. En el caso del murciélago longirostro mayor (*Leptonycteris yerbabuena*), también contribuye a la polinización del "cardón de dato" (*Stenocereus griseus*) (Sosa y Soriano 1996).

## Conclusión

Este estudio demostró que el matorral xerófilo en el estado de Puebla, México, alberga el mayor número de especies de quirópteros en comparación con otros tipos de vegetación del estado, de igual manera el hábito alimenticio de la mayoría de las especies presentes se basa en insectos. Así mismo, en este mismo ecosistema se distribuyen tres especies endémicas: *Corynorhinus mexicanus*, *Rhogeessa alleni* y *R. gracilis*. Lo antecedentes antes mencionados, unidos al hecho de que especies como *L. yerbabuena* y *C. mexicanus* se encuentran en la NOM-059 como especies amenazadas, plantean la necesidad de proteger los ambientes áridos y realizar trabajos que contribuyan a mejorar el conocimiento sobre los mismos, ya que la recuperación de estas áreas es muy lenta y la fuerte intervención antrópica está amenazando los ecosistemas xerofíticos en nuestro país.

## Literatura citada

- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2013. En Global Biodiversity Information Facility Database [consultado 20 Ene 2021]. Disponible en: <http://www.gbif.org/species/2459582>.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (México). (1987). *Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Puebla*. México, D.F: El Instituto.
- Ramírez-Pulido, J., J.A. Castro-Campillo y B. Vargas Miranda. (1995). Registros adicionales de murciélagos del Estado de Puebla, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 46:179–204.
- Rojas-Martínez y Valiente-Banuet. (1996). Análisis comparativo de la quiropterofauna del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca
- Rzedowski, J., (2006). 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Saldaña Munive, J. A. Medio físico. (2011). pp: 27–41. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. México.

- Vargas-Miranda, B., Ramírez-Pulido, J. y González, G. J. C. (2008). Murciélagos del Estado de Puebla, México. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 12(1), 59–112.
- Wilson D. 2002. *Murciélagos, respuestas al vuelo*. Xalapa: Universidad Veracruzana. 196 p.
- Zárate-Martínez, D., Serrato Díaz, A. y López-Wilchis. R. (2012). Importancia ecológica de los murciélagos. *Contactos* 85: 19–27
- Cruz-Lara L., Lorenzo C., Soto L., Naranjo E., Ramirezmarcial N. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta. Zool. Mex*, 20(1):63-81 pp
- SOSA M., SORIANO P. (1992). Los murciélagos y los cactus: una relación muy estrecha. *Carta ecológica*, 61:7-10 pp.
- Saldaña-Munive, José Adrián. (2001). "Evaluación, manejo y productividad de especies forrajeras en una zona potencialmente ganadera del norte del estado de Puebla". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/83404>
- Zárate-Martínez D., Serrato Díaz A., López-Wilchis R. (2012). Importancia ecológica de los murciélagos. *Contactos* 85, 19–27
- Juárez-Castillo E. 2005, Comparación del ensamblaje de murciélagos de la reserva de la biósfera barranca de Metztitlán Hidalgo, México, con otras regiones áridas de Norte América. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

## DISEÑO INSTITUCIONAL DEL SISTEMA AGROALIMENTARIO DEL AGAVE EN AGUASCALIENTES

Hugo Alonso Tapia<sup>1</sup>, Antonio de Jesús Meraz Jiménez<sup>1\*</sup>, Neftalí Parga-Montoya<sup>1</sup>,  
Joaquín Sosa Ramírez<sup>1</sup>, Ariel Vázquez Elorza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Km 3 Carr. Jesús María – La Posta, Jesús María, Aguascalientes, <sup>2</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Av. de los Normalistas 800, Colinas de La Normal, 44270 Guadalajara, Jal. \*Autor para correspondencia: [jesus.meraz@edu.uaa.mx](mailto:jesus.meraz@edu.uaa.mx)

### Introducción

Los sistemas agroalimentarios de México se encuentran concatenados con distintos actores, instituciones, cadenas productivas, Circuitos cortos de comercialización, además que tienen relación directa con las condiciones ambientales y climatológicas en un territorio. En este sentido el objetivo de este trabajo consistió en realizar una aproximación hacia un Diseño Institucional del Sistema Agroalimentario del Agave para el estado de Aguascalientes (SIAA). Sobre la base teórica de los Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL), que de acuerdo con Valle Rivera et al. (2017) vinculan elementos individuales en un sistema productivo, cuya evolución en términos de consolidación/desagregación depende de acciones sociales recíprocas como fuerzas de cohesión o repulsión entre elementos, que al tiempo confieren estabilidad relativa y eficacia sistémica.

Actualmente las naciones utilizan diversos instrumentos de política pública que son aplicados en torno al uso colectivo de recursos naturales (García Ojeda, 2019). El estado, a través de apoyos e incentivos, pacta acuerdos condicionados para que las comunidades demuestren eficacia y acción colectiva en el uso sustentable de recursos naturales. De acuerdo con (McGinnis & Ostrom, 2014), el concepto de Recursos de Uso Común (RUC), se define como sistemas de recursos naturales con acceso limitado a un grupo de individuos claramente definido a partir de sus límites de propiedad colectiva.

Para el caso de México, (Merino Perez & Barton Bray, 2005) aclaran que los ejidos y las comunidades agrarias al poseer tierras colectivamente son las implicadas en el manejo comunitario de RUC. Los RUC gestionados por las comunidades, dan pie a situaciones de acción que de acuerdo con Poteete et al, son *“aquellas en las que interactúan individuos, intercambian bienes y servicios, solucionan problemas, se dominan uno al otro o pelean”* (Poteete et al., 2010, p 99). Estos intereses individuales con un propósito de aprovechamiento y beneficio se concilian grupalmente para dar lugar a la acción colectiva.

Como lo señala (García Ojeda, 2019), desde la lógica contractual y de cooperación condicional, considera la acción colectiva como un fin para evitar la sobreexplotación y a su vez como una estrategia de uso sustentable por parte de las comunidades. Los instrumentos aplicados desde esta razón consideran primero, a la asignación de derechos de uso, la entrega de asistencia técnica y recursos productivos, asimismo a otras figuras de administración reguladas en los planes de manejo de recursos. En segundo lugar, se incluyen los pagos por servicios ambientales (incentivos monetarios), con el objeto de generar bienes públicos ambientales de interés para el Estado. En tercer lugar, se utilizan recursos monetarios renovables, tales como microcréditos o microfinanzas para que las comunidades ejecuten proyectos de desarrollo social, productivo o ambiental. Por último, los Estados otorgan acreditaciones o sellos verdes que garantizan la sustentabilidad de procesos productivos comunitarios.

El marco de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI) se desarrolló inicialmente para explicar la acción colectiva en escenarios de campo de estructuras diversas de economías metropolitanas. Posteriormente se impulsó su adaptación para el análisis de la acción colectiva relacionada con los recursos naturales, como herramienta en estudios de caso para incrementar la posibilidad de derivar una síntesis inicial a partir de estudios empíricos (Poteete et al., 2010). EL uso de ADI como lo sugieren diversos autores (Benedetti, 2017; Carmona Bedoya, 2020; Lopera González, 2020) permite entender los diferentes contextos de los diseños institucionales de Gobernanza de RUC, al aproximarse a la estructura de las interacciones humanas, haciendo manejable su complejidad inherente. Por otra parte, la gobernanza emerge entre otros aspectos como un modo para elaborar políticas públicas para atender problemas sociales enfocados a resolver problemas de desigualdad, exclusión, pobreza y alimentación en un contexto globalizado e interdependiente, donde se busca la colaboración, participación y consenso de actores sociales frente al poder del Estado y del mercado (Zurbriggen, 2011).

En el estado de Aguascalientes, el interés económico y rescate tradicional de la producción de destilados de agave, fomentó el aprovechamiento de poblaciones de *Agave salmiana* ubicadas en varios ejidos. Los agaves se establecieron a partir de programas de reforestación y acciones para reducir la erosión y la recuperación de suelos degradados, que iniciaron desde 2010 por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) en áreas de uso común de ejidos (Gallardo-Valdez & Solís Medina, 2019). De manera adicional el gobierno estatal ha sumado dentro de sus políticas encaminadas al combate a la sequía y desertificación, el programa de reconversión de cultivo con agave mezcalero. Lo anterior significó para los ejidatarios empleo temporal y un ingreso adicional. Las áreas de uso común por lo general son utilizadas para el pastoreo de ganado y como áreas de conservación, los agaves que alcanzan la madurez son comprados para producir aguamiel y pulque principalmente, al agregar el aprovechamiento para producir destilados se genera una situación de competencia por este recurso.

## Materiales y Métodos

La investigación partió de un tipo de análisis cualitativo con un enfoque hermenéutico y de triangulación de información basada en el pattern matching (Trochim, 1989). La colecta de información se realizó en los meses de septiembre, octubre de 2020 y junio, julio de 2021. El área de estudio incluyó localidades con terrenos plantados con agave mezcalero en los municipios de Aguascalientes, Asientos, el Llano y Tepezalá, que en conjunto denominamos la zona oriente de Aguascalientes (ZOA) que comprende 21 localidades Figura 1. Para la colecta de información se utilizaron como herramientas observación participante y entrevistas semiestructuradas con informantes clave. A través de reuniones de trabajo con grupos comunitarios productores de agave en el estado de Aguascalientes así como instituciones gubernamentales y actores clave de los circuitos cortos de comercialización fue posible generar una construcción de un diseño institucional que tuviera mayor incidencia en el desarrollo del sector principalmente para las zonas productoras rurales, además, se desarrollaron instrumentos de trabajo que fueron aplicados en campo con la finalidad de conocer más de cerca las principales necesidades para la construcción de este diseño institucional basado sobre el proceso de las políticas públicas.

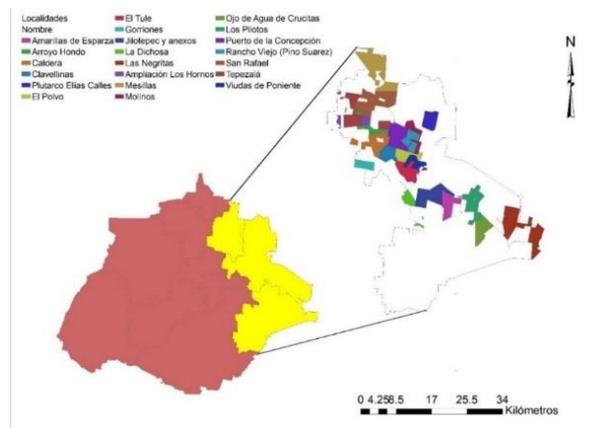


Figura 1. Zona Oriente de Aguascalientes

## Resultados y Discusión

### *Variables Exógenas*

Condiciones biofísicas. La ZOA comprende parte de tres municipios del oriente de Aguascalientes: El Llano, Tepezalá y Asientos. Pertenece mayoritariamente a la región hidrológica de Lerma-Santiago. El rango de precipitación pluvial oscila en promedio de los 400 – 600 mm, el clima es seco semi-templado con temperaturas entre los 16 – 18°C. La altitud tiene un rango que va de los 1920 los 2307 msnm. Comprende una superficie de 35175 ha. Los tipos de suelo presentes en orden de predominancia son Regosol (53.6%), Cambisol (11.4%), Durisol (11.0%), Leptosol (8.6%), Fluvisol (7.7%), Phaeozem (3.0%), Planosol (4.8%), Tecnosol (1.4%), Kastanozem (1.0%), Calcisol (0.1%).

El uso de suelo se distribuye en el territorio en: agricultura de temporal (29.5%), pastizal (29%), agricultura de riego (18.5%), matorral (17.3%), asentamiento humano (2.3%), erosión (1.8%), bosque (1.2%), vegetación hidrófila (0.2%), cuerpo de agua (0.2%) (SMA, 2012). La ZOA tiene una población estimada de 16802 habitantes, el área que abarca representa el 27.34% de superficie de los 3 municipios y 6.26% del territorio estatal.

#### *Atributos de Comunidad*

En la ZOA en las zonas de interés donde se ubican las poblaciones de *A. salmiana*, los principales usos son el pastoreo, áreas de conservación, obtención de leña, la venta de agaves para la producción o la venta de hijuelos, así también la extracción de minerales y materiales pétreos para la construcción, como es el caso de ejidos de San Rafael, Puerto de la concepción, Caldera, Clavellinas y Pino Suárez. En estos ejidos las compañías mineras mantienen una intención constante de adquirir más derechos para la extracción, lo que representa un conflicto por resolver, al dividir la postura de los ejidatarios en la parte interesada en vender o ceder derechos a cambio de retribución económica al corto plazo, de los ingresos que pueden recibir por la posesión y uso que actualmente hacen de la tierra. El SIAA también tiene un aspecto político y mediático que atrae el interés de líderes locales lo que ha llevado a la formación de distintos grupos y organizaciones con el propósito de impulsar proyectos de emprendimiento. Por su parte los ejidatarios participan en programas de gobierno que les permitan obtener apoyos de trabajo temporal derivado de la conservación de sus RUC.

#### *Reglas*

Para el aprovechamiento del agave, los ejidatarios con derecho al uso común, deben solicitar en la asamblea el permiso para su extracción y notificar al comisariado o al encargado de vigilancia cada vez que acudan por plantas, ellos quedan exentos de pago alguno. Para quienes no son ejidatarios, establecen acuerdos de compra con las autoridades ejidales, con quienes pactan los precios por planta, que oscilan entre los \$50.00 y \$100.00. El criterio de cosecha de una planta consiste en extraer agaves que han alcanzado la madurez, asimismo, deberán plantar cinco ejemplares por cada uno que se extrae, esta regla se aplica a todos.

#### *Arena de acción*

Los participantes que enfrentan un problema de acción colectiva son los ejidatarios con derechos a terrenos de uso común, asimismo aquellos con títulos parcelarios que ingresaron al programa de reconversión de cultivos para el combate a la sequía del gobierno del estado, y algunos particulares que han adquirido terrenos en pequeña propiedad aledaños a las localidades que se encuentran con poblaciones de agave. Quienes participan de manera preponderante en el aprovechamiento en la ZOA, son los aguamieleros y pulqueros que principalmente provienen de la localidad de Calvillito, del municipio de Aguascalientes, seguidos de los productores que elaboran jarabe de aguamiel, quiote y penca cocida y por último mezcal.

El caso de los aguamieleros de Calvillito, destaca debido a que ellos se trasladan a las localidades con disponibilidad de plantas adultas, donde las adquieren mediante convenios de compra con las autoridades ejidales. Las razones que los llevó a salir de su ejido fueron: en primer lugar, cumplir con la demanda de pulque y aguamiel, del cual existe una tradición de producción de al menos cuatro generaciones; en segundo lugar, dan cuenta de una plaga que acabó con las magueyeras en sus terrenos, que hasta la fecha no se han podido recuperar las poblaciones de agave y erradicar el problema fitosanitario de pudrición del cogollo y gallina ciega, para que las plantas alcancen la madurez. Los productores de destilado de agave son el grupo de participantes de mayor interés por su potencial de exportación. Hay 25 productores en el estado, de estos, 13 se localizan dentro de la ZOA y solo dos de ellos tienen actividad y participación en el mercado, el resto se encuentra con producciones domésticas y en estandarización de su producto.

Los ejidatarios principalmente son quienes poseen la tierra, sin embargo, el precio de las plantas que se aprovechan lo establecen los aguamieleros y los mezcaleros. Esta competencia por el recurso en los ejidos ha elevado el precio para llegar a los \$100/planta. La condicionante de reponer con 5 plantas por cada una que se extrae es una regla que los no ejidatarios cuestionan porque consideran que ya está implícito en el precio pactado, sin embargo, los costos de transacción no incluyen la reposición de la planta en el ambiente y su manejo a lo largo de su ciclo de vida. Lo anterior sucede debido a que los ejidatarios argumentan que el costo para ejecutar estas acciones debe subsidiarse a través de algún apoyo de gobierno, al igual que el manejo fitosanitario.

El recurso en el SIAA tiene una competencia entre la producción de aguamiel y destilados, que en la medida en que los productores de mezcal se incrementen demandarán mayor cantidad de plantas, lo que sugiere un cambio en los mecanismos para asegurar el abasto de materia prima mediante contratos mercantiles, producciones limitadas, por mencionar algunas, además de requerirse restricciones para el acceso al recurso que darán pie a estrategias para evadir las reglas y sobreexplotar los recursos, condición que debe considerar los escenarios posibles.

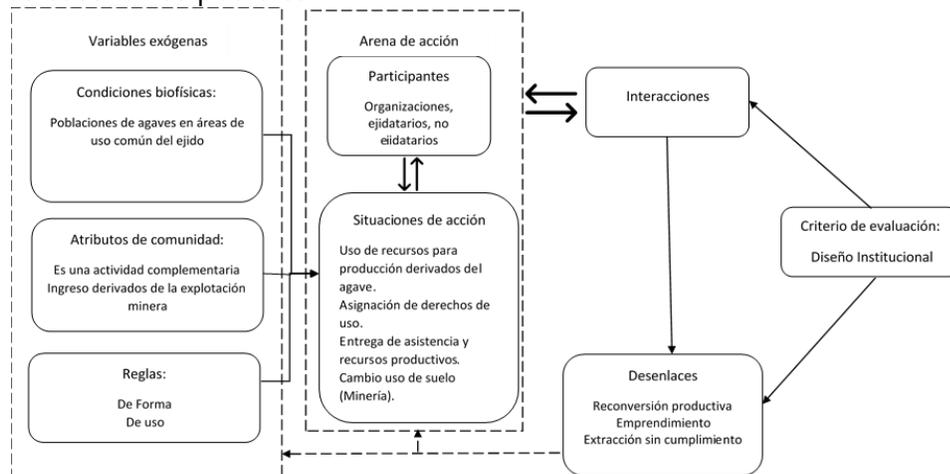


Figura 2 Marco de Análisis de Desarrollo Institucional con elementos del Sistema Agroalimentario de Agave en Aguascalientes

## Conclusiones

El ADI en este caso de estudio ha permitido plasmar en síntesis las situaciones de acción que dan sentido al Diseño institucional del SIAA, por una parte, lo que gira en torno a la producción de destilados y otros productos derivados; la asignación de derechos de uso; la entrega de asistencia técnica y recursos productivos, asimismo, las presiones en el cambio de uso de suelo para la explotación minera. Los actores vinculados al SIAA deben considerar el costo de oportunidad y destacar el beneficio económico que representa el aprovechamiento de los agaves, el conocimiento tradicional y por lo tanto la valoración del ecosistema que lo sustenta.

## Literatura Citada

- Benedetti, Á. (2017). El marco de análisis y desarrollo institucional (IAD), una herramienta de análisis de políticas públicas. Estudio del caso Agro Ingreso Seguro (AIS). *Estudios Políticos*, 0(50 SE-Artículos sección general). <https://doi.org/10.17533/udea.espo.n50a08>
- Carmona Bedoya, M. (2020). The Dispute over the Territory in the Change of the Land Use Policy in Manizales (2003-2017). A Study Based on the Institutional Analysis and Development Framework; La disputa por el territorio en el cambio en la Política de Ordenamiento Territorial de M. *Estudios Políticos*. <https://doi.org/10.17533/udea.espo.n58a08>
- del Valle Rivera, M. del C., & Tolentino Martínez, J. M. (2017). *Gobernanza territorial y Sistemas Agroalimentarios Localizados en la nueva ruralidad*. Red de Sistemas Agroalimentarios Localizados (Red SIAL-México).
- Gallardo-Valdez, J., & Solís Medina, V. M. (2019). *El Mezcal de Aguascalientes Denominación de Origen* (primera ed). Instituto Cultural de Aguascalientes.
- García Ojeda, M. (2019). Situaciones de acción y juegos cooperativos: un análisis teórico de la doble dimensión de la acción colectiva para la gobernanza comunitaria de recursos de uso común. *Papers: Revista de Sociología*, 104(4), 719–740.
- Lopera González, M. A. (2020). La formalización minera en el Bajo Cauca antioqueño a través de las áreas de reserva especial. Una aproximación al diseño institucional desde el marco de análisis y desarrollo institucional; A Proposal of Mining Formalization in Antioquia's Bajo Cauca Th. *Estudios Políticos*. <https://doi.org/10.17533/udea.espo.n58a07>
- McGinnis, M. D., & Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework. *Ecology and Society*, 19(2). <http://www.jstor.org/stable/26269580>
- Merino Perez, L., & Barton Bray, D. (2005). *La experiencia de las comunidades forestales en México*.
- Poteete, A. R., Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2010). *Acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica*.
- SMA. (2012). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Aguascalientes*. Gobierno del Estado de Aguascalientes.
- Trochim, W. M. K. (1989). Outcome pattern matching and program theory. *Evaluation and Program Planning*, 12(4), 355–366. [https://doi.org/10.1016/0149-7189\(89\)90052-9](https://doi.org/10.1016/0149-7189(89)90052-9)
- Zurbriggen, C. (2011). Gobernanza: una mirada desde América Latina. In *Perfiles latinoamericanos* (Vol. 19, pp. 39–64). scielomx.

## **SUSTENTO METODOLÓGICO PARA EL USO DE LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL INEGI PARA ANÁLISIS DE DINÁMICA DE ECOSISTEMAS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS EN MÉXICO: SERIE VI**

Jesús E. Pérez-Salinas<sup>1\*</sup>, Jorge Salazar-Arenas<sup>2</sup>, Alejandra Miguez-Gutierrez<sup>3</sup>,  
Juan Ramirez-Prieto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Dirección Regional Norte, Durango, <sup>2</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Coordinación Estatal Puebla, <sup>3</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Coordinación Estatal Hidalgo, <sup>4</sup>Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Coordinación Estatal Zacatecas. \* Autor de correspondencia: emmanuel.perez@inegi.org.mx

### **Introducción**

En los sitios poco transformados el uso del suelo está determinado por los tipos de vegetación que, de manera natural, se han establecido ahí y forman parte de los ecosistemas del territorio. Estos lugares cada vez son menos y, al mismo tiempo, son los más importantes para el funcionamiento del planeta y la supervivencia del hombre, Muñoz-Iniestra et al. 2009.

Actualmente, los recursos naturales son aprovechados por el ser humano para satisfacer sus necesidades de subsistencia, tales como alimentación, salud, económicas y de ocio; éstos se han convertido en una fuente de vida y desarrollo para la comunidad que habita en este lugar, Orellana et al. 2018. La presión que ejerce el ser humano sobre los ecosistemas mayormente se hace sin conocimiento de las consecuencias que dicha degradación o sobreexplotación conllevaran a corto y mediano plazo sobre las zonas afectadas.

Es de suma importancia que las naciones conozcan el estado actual de sus ecosistemas y los cambios que ha tenido a través del tiempo y el espacio. Por lo cual una de las prioridades del Instituto Nacional de Estadística y Geografía es la constante generación y actualización de información cartográfica nacional, la cual se produce de manera rápida y eficaz, satisface las necesidades de información que se tienen en el país para la elaboración, estructuración e implementación de programas en la protección y administración de los recursos naturales, así como en la toma de decisiones INEGI (2014).

Particularmente, la generación de la información de Uso del Suelo y Vegetación, es de alta importancia al ser dictaminada por ley como información de interés nacional y que a lo largo de las distintas series se ha adaptado a las necesidades de los usuarios convirtiéndose en un elemento importante que es utilizado por dependencias de los tres niveles de gobierno, así como por la iniciativa privada y la academia, es un insumo básico para la realización de programas institucionales, como la generación del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, realizado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el mapa de Regiones Ecológicas de América del Norte, elaborado por la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) y el mapa de Monitoreo de la Cobertura de la Tierra de América del Norte que para la parte que corresponde a México fue elaborada entre el INEGI, la CONABIO y la CONAFOR, en coordinación con instituciones del gobierno de Estados Unidos de América y del gobierno de Canadá, así como manifestaciones de Impacto Ambiental y los programas de Ordenamiento Territorial, lo que muestra la confiabilidad de la información y su factibilidad de uso como marco base, a partir del cual es posible generar información derivada. Así mismo, es referencia para la elaboración de múltiples reportes sobre el estado de la cubierta vegetal a nivel país.

La cartografía de Uso de Suelo y Vegetación continúa aplicando el sistema de clasificación de la vegetación y usos agropecuarios basada en los tipos de vegetación propuestos para México por Miranda y Hernández X. (1963), Rzedowski (1978) y Flores Mata et al. (1971), con modificaciones y adecuaciones implementadas por INEGI. Es usada comúnmente para conocer los tipos de vegetación del territorio Nacional o de una zona en particular, sin embargo, muchos usuarios caen en el desconocimiento del correcto y óptimo uso de la cartografía para utilizarla lo que limita el potencial de la información de interés Nacional desarrollada.

### *Objetivos*

Hacer de conocimiento a usuarios e interesados de la elaboración y desarrollo de la cartografía temática de uso de suelo y vegetación, así como de su correcto uso para análisis y toma de decisiones.

### **Materiales y Métodos**

La presente, es una presentación metodológica que reúne el fundamento científico cualitativo que da sustento a los conjuntos de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación que se ponen a disposición de diversos usuarios con las principales finalidades de Indicar a mayor detalle la distribución de los tipos de vegetación natural e inducida en México, indicar el nivel y el tipo de afectación de las comunidades vegetales y su dinámica de uso, Conocer la localización de las áreas agrícolas de acuerdo a su disponibilidad de agua, así como los tipos de cultivos que se siembran en esas áreas por su permanencia en el terreno, proporcionar información ecológica-geográfica para la enseñanza e investigación sobre los recursos naturales y servir de marco general para el establecimiento de políticas a nivel nacional y/o regional.

Las fases clave para la generación de la información temática de Uso de Suelo y Vegetación constan de varias fases:

#### I. Fase preliminar

Consta de la recopilación de información e insumos, la estandarización del sistema de referencia, un amplio análisis bibliográfico y cartográfico de la zona asignada y interpretación preliminar en la que se ubican cambios y de sitios de monitoreo.

#### II. Fase de campo

En la fase II se realiza un itinerario para verificar en campo las hipótesis surgidas en la interpretación preliminar de la fase I, posteriormente se realiza la verificación en campo, el levantamiento de información en puntos de muestreo y sitios de observación, se colectan muestras botánicas que dan sustento a la información en sitios de cambio.

#### III. Fase de termino

Se realiza procesamiento de la información obtenida en campo y se envía el material botánico para identificación en herbario, obtenidos los nombres técnicos se reanaliza la zona para reinterpretación (rechazo o confirmación de hipótesis), edición, corrección y validación, posteriormente se realiza la remuneración de puntos, estratificación y obtención de capas poligonales, de puntos y líneas y se incluye la identificación botánica

#### IV. Fase de liberación

Se elaboran metadatos y se ensamblan las zonas procesadas, se aplican filtros de calidad y de cumplirlos se libera la información al público en general.

### **Resultados y Discusión**

A la liberación de cada serie se obtiene principalmente una capa vectorial “capa unión” que contiene los polígonos actualizados a nivel nacional bajo el catálogo de tipos de vegetación y uso de suelo del INEGI.

Particularmente, la serie 7 cuenta además de la capa “unión” cuenta con las capas de aspecto matorral, altura de vegetación, cobertura, nomadismo agrícola, agricultura, especies vegetales, especies cultivadas, líneas de importancia ecológica y sitios de importancia ecológica, uso forestal y uso pecuario.

## Conclusiones

Hay un desconocimiento amplio entre los usuarios de la cartografía temática de uso de suelo y vegetación, ya que es común el uso de la capa unión, sin embargo, se desconoce el uso de la guía, el diccionario de datos y el correcto uso de la totalidad de las capas que se generan. Es de suma importancia dar a conocer el fundamento metodológico - científico que da respaldo a la generación de información de uso de suelo y vegetación.

## Literatura Citada

- Flores Mata, G., J. Jiménez-López J., X. Madrigal-Sánchez, F. Moncayo-Ruiz y F. Takaki-Takaki, 1971, Memoria del Mapa de Tipos de Vegetación de la República Mexicana, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.
- INEGI. 2014. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 (versión 3). Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Aguascalientes, Ags., México. 213 pp.
- INEGI. 2017. La Información Botánica en el INEGI: guía normativa: metodológica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México
- Orellana Salas, Jordy Alexander, & Lalvay Portilla, Tatiana Del Cisne. (2018). Uso e importancia de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico. Caso Cantón Chilla, El Oro, Ecuador. Revista interamericana de ambiente y turismo, 14(1), 65-79. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2018000100065>
- Muñoz-Iniestra, D. J., López, G. F., Hernández, M. M., Soler, A. A., & López, G. J.. (2009). Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial. Terra Latinoamericana, 27(3), 237-246. Recuperado en 15 de octubre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792009000300008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000300008&lng=es&tlng=es).
- Miranda, F. y E. Hernández X., 1963, "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", Boletín de la Sociedad Botánica de México 28, pp. 29-176. Rzedowski, J. 1978, Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

## MICORRIZAS EN LA FORMACIÓN Y LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN DOS TIPOS DE SUELO

Mayra Iñiguez Rivas<sup>1</sup>, Miguel Angel Segura Castruita<sup>1\*</sup>, Juan Florencio Gómez<sup>1</sup>, Norma Alejandra Mancilla Margalli<sup>1</sup>, Arturo Moisés Chávez Rodríguez<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tlajomulco, km 10 Carretera a Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 45640, México. \*dmilys5@hotmail.com

### Introducción

El suelo es un elemento fundamental para la agricultura por proveer de agua y nutrientes a los cultivos; además, interviene en los ciclos del agua, carbono, nitrógeno, fósforo y otros elementos de interés (Ferrerías et al., 2015). Al mismo tiempo, el suelo se consideraba con capacidad ilimitada para asimilar contaminantes sin causar efectos nocivos inmediatos sobre el ambiente (Gutiérrez et al., 2016). La degradación del suelo se ha convertido en una de las mayores preocupaciones actuales, debido a su importancia para la preservación de la vida. La degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo resultado en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema.

La estabilidad de agregados es un indicador del desarrollo de la estructura de suelo, a su vez indica la calidad y cantidad de materia orgánica que existe en el suelo. Las características de un suelo con agregados estables son: adecuada infiltración, aireación, capacidad de retención de agua, menor encostramiento en la superficie del suelo y mayor resistencia a la erosión.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituyen el tipo de simbioses más extendidos en la naturaleza, siendo capaces de establecer asociaciones con el 80 o 90% de las plantas vasculares; han beneficiado muchas especies importantes en la agricultura al incrementar su adaptación a diferentes ambientes y con efectos positivos sobre la productividad del sistema (Castillo, 2009). Estos microorganismos son considerados como insumos biológicos de enorme potencial en la agricultura, gracias a sus efectos positivos sobre la adaptación y el crecimiento de una gran variedad de cultivos.

Además, los hongos micorrízicos son componentes clave para el desarrollo de la biota del suelo, por su gran capacidad de interacción con diferentes especies microbianas, a la vez que pueden modificar muchos aspectos de las propiedades físicas en la zona rizosférica (Barea et al., 2002). La asociación simbiótica entre el hongo micorrízico arbuscular y la planta, actúa como un complemento de la raíz del cultivo en la toma de nutrientes (Colozzi y Cardoso, 2000), especialmente en la absorción de P (Requena et al., 2001), mejoramiento de la calidad del suelo, la tolerancia al ataque de patógenos (Espinosa et al., 2004).

De acuerdo con la problemática que presenta la desintegración estructural del suelo, el objetivo de este proyecto fue determinar la influencia de los HMA en la estabilidad de agregados en dos suelos.

## Materiales y Métodos

Dos sitios con suelos de clase textural contrastante fueron seleccionados. El primer sitio (S1) se ubicó en el potrero del algodón, municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, que se localiza a los 20° 26' 47" N y 103° 29' 18" W, a 1508 msnm. El segundo (S2) se encontró en la localidad de Lomas de Tejada, municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco; que se localiza a los 20° 28' 01" N y los 103° 24' 27" W a 1568 msnm. En cada sitio se excavó un pozo pedológico para caracterizar al suelo con fines de clasificación. De cada uno de los horizontes, se colectó una muestra de aproximadamente 2 kg de suelo, que se trasladaron al laboratorio. Aparte, se tomaron muestras de suelo de la capa superficial para utilizarse como sustratos en macetas.

Las muestras de cada horizonte, en el laboratorio se secaron a temperatura ambiente y se tamizaron con la malla de 2 mm de diámetro, para determinar sus propiedades físicas, químicas, con fines de clasificación. Las determinaciones físicas y químicas que se realizaron a las muestras de suelo, se llevaron a cabo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000; como fueron: color, análisis mecánico, densidad aparente, contenido de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables y solubles, carbonatos y contenido de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ). Una vez que se obtuvieron los datos de laboratorio y con la información de campo, se procedió a realizar la clasificación de los suelos de acuerdo a la Taxonomía de Suelos (SSS, 2014).

El material biológico que se empleó fueron un hongo micorrízico arbuscular (*Claroideolomus claroideum*) y un consorcio compuesto de seis hongos micorrízicos (*Sclerocystis sinuosa*, *Acaulospora excavata*, *Acaulospora morowiae*, *Funneliformis mosseae*, *Acauloespora kentinensis*, *Acaulespora scrobiculata*). Mientras que, el material vegetal que se utilizó para promover la asociación con los hongos micorrízicos fue maíz (*Zea mays*), híbrido SCS15, ya que este material es el que se utiliza comúnmente en la zona y es de ciclo intermedio; además, no contaba con un pretratamiento antifúngico. La fase experimenta se llevó a cabo en un invernadero dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, con domicilio en el Km. 10 Carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

El suelo de la capa superficial de las dos unidades de suelo que se colocó en bolsas (macetas) de 20 L de capacidad. Los tratamientos se prepararon en función de lo siguiente: se tuvieron tres factores, el Factor Suelo con dos niveles (P1 y P2); Factor Micorriza con tres niveles (sin hongos [M0], un hongo [M1] y consorcio [MC]), Factor Fertilización con dos niveles (sin fertilización [F0] y con fertilización [F1]); de tal manera que se generaron 12 tratamientos (S1M0F0, S1M0F1, S2M0F0, S2M0F1, S1M1F0, S1M1F1, S2M1F0, S2M1F1, S1MCF0, S1MCF1, S2MCF0, S2MCF1). Para preparar los tratamientos se colocó suelo de cada sitio en seis bolsas (macetas) y se dio un riego de pre-siembra.

Cuando el suelo de la maceta se encontró a capacidad de campo, se preparó para la siembra. Antes de la siembra se aplicó fertilizante (dosis recomendada para la región) a tres macetas de cada suelo y el resto no se fertilizó. Al mismo tiempo, grupos de semillas de maíz fueron inoculadas por separado con un solo hongo, con el consorcio y otro sin ningún hongo. Cuando las semillas estuvieron preparadas, se sembraron en las macetas dependiendo del tratamiento que correspondió; es decir, tres semillas inoculadas con un solo hongo se sembraron en el suelo de un sitio en una maceta con fertilización y otra por separado sin fertilización; lo mismo ocurrió con el consorcio y con las semillas sin inocular. De tal manera que cuando germinaron las semillas y se tuvieron tres plántulas por maceta, a los 10 días de la emergencia se dio un aclareo y se dejó una sola planta por maceta.

Cada tratamiento tuvo cuatro réplicas, por lo que se hubo 60 unidades experimentales; es decir, 60 macetas con plantas. El diseño experimental fue completamente al azar. Las variables que se evaluaron fueron en suelo y planta. En suelo se determinó la estabilidad de agregados al inicio y al final del experimento y conteo de esporas. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y se realizó una separación de medias (Tukey  $p < 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

El suelo P1 pertenece al gran grupo Typic haplusterts y el P2 al Typic ustifluvents. La micorrización de las raíces de la planta de maíz se encontró en ambos suelos (Cuadro 1), pero se detectó un mayor porcentaje de colonización (97.3%) en el tratamiento S1MCF0 que se trata del vertisol con el consorcio sin fertilizante, superior al 88.9% de colonización reportado por (Salgado et al., 2014.). En la raíz del maíz se encontraron hifas, esporas y micelio, de forma variada en cada uno de los segmentos colonizados (Figura 1).

Cuadro 1. Porcentaje de colonización en las raíces del cultivo de maíz.

Tratamiento		Colonización (%)
S1M1F1	T1	70.7 c*
S1MCF1	T2	71.3 c
S1M0F1	T3	63.3 d
S1M1F0	T4	96.7 a
S1MCF0	T5	97.3 a
S1M0F0	T6	66.7 d
S2M1F1	T7	93.3 a
S2MCF1	T8	56.7 e
S2M0F1	T9	86.0 b
S2M1F0	T10	94.0 a
S2MCF0	T11	87.3 b
S2M0F0	T12	96.7 a

\*Letras diferentes en la misma indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey  $p < 0.05$ ).

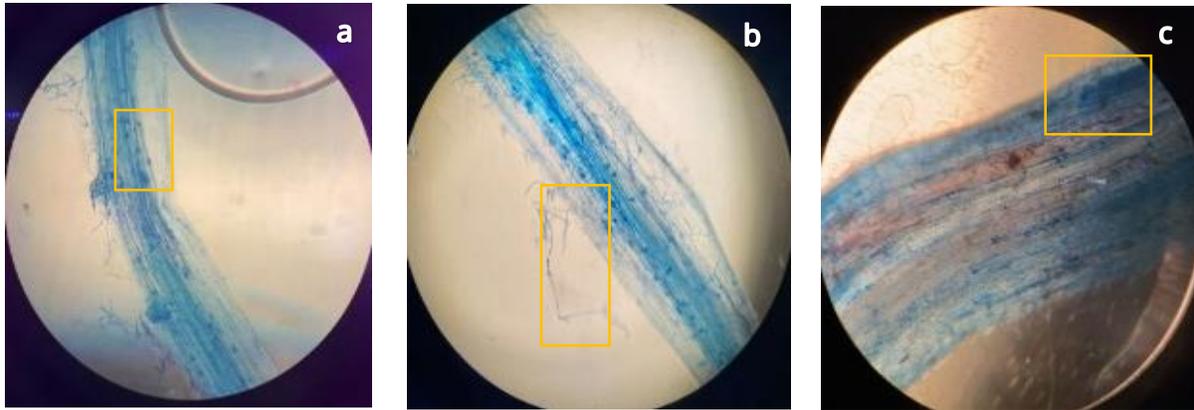


Figura 1. Colonización de propágulos de HMA en raíces de maíz (a: esporas, b: hifas c: micelio.)

El tratamiento S2MCF0 presentó el mayor número de esporas (4530 esporas en 100 g de suelo); no obstante, el número de esporas de ambos suelos superó a las 943 esporas en 100 g de suelo reportadas por Salgado et al. (2014). Lo que demuestra presencia alta de HMA en los suelos de ambas localidades.

El resultado anterior está relacionado con la estabilidad de agregados que se determinó, ya que los agregados del Typic Ustifluvents (S2) tuvieron una estabilidad de 56.47% al final del experimento (Cuadro 2), mayor al 20.27% que se tenían al inicio del experimento. Incremento que fue superior al del Typic haplusterts (44.30%). Este incremento en el porcentaje de los agregados estables se puede atribuir a la simbiosis de los HMA; de tal manera que el efecto de los microorganismos puede ser superior al efecto de enmiendas de materia orgánica en el suelo, ya que se ha reportado porcentajes menores que 30% (Flores-Sánchez et al., 2015).

Cuadro 2. Estabilidad de los agregados en los tratamientos evaluados.

Tratamiento		Estabilidad de agregados (%)
S1M1F1	T1	64.87 b*
S1MCF1	T2	39.84 e
S1M0F1	T3	66.51 b
S1M1F0	T4	48.51 d
S1MCF0	T5	56.27 c
S1M0F0	T6	46.21 d
S2M1F1	T7	72.58 a
S2MCF1	T8	62.35 b
S2M0F1	T9	67.87 b
S2M1F0	T10	73.75 a
S2MCF0	T11	63.29 b
S2M0F0	T12	63.93 b

\*Letras diferentes en la misma indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey  $p < 0.05$ ).

## Conclusiones

La colonización micorrizica a partir de la inoculación con hongos micorrizicos arbusculares es factible en suelos del gran grupo Typic Haplusters y Typic Ustifluvents; así lo indican la colonización con los porcentajes observados. Lo anterior contribuye al incremento de la estabilidad de agregados.

## Literatura Citada

- Barea, J. M.; Azcon, R. y Azcon-Aguilar, C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Int. J. Gen. Molec. Microbiol.* 81: 343-351.
- Brady, N.C. y R.R. Weil. 1999. *The nature and properties of soils*. 20th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.
- Castillo M. L. 2009. Caracterización morfológica de micorrizas arbusculares asociadas en raíces de tomate de árbol silvestre (*Solanum cajanumensis*) y cultivado (*Solanum betaceae*) en dos sectores de la provincia de Loja. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Ferreras et al., 2015 Ferreras, L., Toresani, S., Faggioli, V. y Galarza, C. 2015. Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Revista Spanish Journal of Soil Science*, 5: 54-65.
- Flores-Sánchez, Brenda; Segura-Castruita, Miguel Ángel; Fortis-Hernández, Manuel; Martínez-Corral, Luime; Aldaco-Nuncio, Rogelio Armando; Orozco-Vidal, Jorge Arnaldo. 2015. Enmiendas de estiércol solarizado en la estabilidad de agregados de un Aridisol cultivado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6: 1543-1555.
- Gutiérrez et al., 2016 Gutiérrez, C., Fernández, C., Escuer, M., Campos-Herrera, R., Rodríguez, M. E. B., Carbonell, G., and Martín, J. A. R. (2016). Effect of soil properties, heavy metals and emerging contaminants in the soil nematodes diversity. *Environmental Pollution*, 213: 184-194.
- Salgado, G.S., Jiménez, J.R, Gómez, L.J.F., Castelán, E.M., Payro, C.H. y Osorio M.M. 2014. Diagnóstico del estado micotrófico de HMVA en caña de azúcar en el Ingenio Pdte Benito Juárez. In: XXXIII Convención de ATAM, realizada en World Trade Center, Boca del Río Veracruz. 11 p.
- SSS (Soil Survey Staff). 2014. *Keys to soil taxonomy*, 12th (Ed.): USDA-Natural resources conservation service. Washington, D. C. 325 p.



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para  
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas.

# Carteles

Eje Temático 1: Tecnologías en Producción Agrícola, Pecuaria y Forestal



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

## EL RIEGO MODIFICA EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS CLADODIOS DE NOPAL TUNERO

Edén A. Luna<sup>1</sup>, Jorge A. Meza<sup>2\*</sup>, Jorge A. Zegbe<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional de Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio, Ciudad Juárez, 35230 km 40, Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Artículo 123 s/n. 35010. Gómez Palacio, Durango, México. <sup>3</sup> INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México. \*Autor de correspondencia: jorgemezav68@gmail.com

### Introducción

*Opuntia* es un género de arbustos suculentos con más de 360 especies, perteneciente a la familia *Cactaceae* y ampliamente cultivada en las partes más cálidas del mundo (Kalegowda *et al.*, 2017). El residuo generado a partir de la poda anual de este cultivo produce entre 10 y 15 t ha<sup>-1</sup> de pencas frescas, y sólo se aprovechan, en parte, como alimento para el ganado, se dejan entre hileras de huertas o se incorporan al suelo (Zegbe *et al.*, 2013). Así mismo, ha sido demostrado que los cladodios de *Opuntia* contienen compuestos polifenólicos como flavonoides y ácidos fenólicos, que le otorgan capacidad antioxidante (Corral-Aguayo *et al.*, 2008; Guevara-Figueroa *et al.*, 2010). Estos compuestos pueden ser integrados en alimentos con un valor funcional y así mismo, estimular el consumo de estos compuestos bioactivos.

Aunado a lo anterior, se tiene evidencia que el contenido de compuestos con capacidad antioxidante aumenta en las plantas en condiciones de sequía (Do Nascimento y Fett-Neto, 2010). Sin embargo, hay poca investigación sobre efecto del riego sobre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en extractos de cladodios de *Opuntia*. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue determinar la influencia del riego en el contenido de compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de cladodios de variedades de *Opuntia*.

### Materiales y Métodos

#### *Material vegetal y diseño experimental*

Nopal tunero de las variedades 'Cristalina' (*Opuntia albicarpa* Scheinvar), 'Amarilla Olorosa' (*Opuntia* spp.), 'Roja Lisa' (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) y 'Dalia Roja' (*Opuntia* spp.) de 13 años de edad fueron sometidos a tres tipos de riego: sin riego (SR), Con riego (CR), y con riego suplementario (RS). Las plantas en el tratamiento CR recibieron semanalmente 100% de la evapotranspiración del cultivo, aquellas bajo el RS recibieron riego cuando el contenido del agua en suelo ( $\theta$ ) se redujo a casi al punto de marchitez permanente; mientras que las plantas SR recibieron únicamente la precipitación durante la estación de crecimiento.

El experimento se condujo con un diseño en parcelas divididas con arreglo en bloques completos al azar con arreglo factorial en los tratamientos, con tres repeticiones. El primer factor y parcela principal fue el riego con tres niveles (SR, RS y RC). El segundo factor fueron las variedades de nopal tunero ('Cristalina', 'Amarilla Olorosa', 'Roja Lisa' y 'Dalia Roja'). La unidad experimental estuvo formada por nueve plantas de donde 5 kg de cladodios sin daños mecánicos y sanos se recolectaron al azar en cada repetición y tratamiento.

#### *Preparación de extractos metanólicos*

Los cladodios después de ser recolectados, se limpiaron, se eliminaron las espinas manualmente y se sanitizaron con agua clorada a 200 ppm. Después, las muestras se liofilizaron y pulverizaron. Para la extracción de compuestos fenólicos, y la determinación de la capacidad antioxidante, 0.25 g de polvo de nopal liofilizado con 5 mL de metanol se mezclaron a 13,500 rpm durante 1 min. Las muestras se agitaron mecánicamente durante 16 h a 4 °C. Los extractos se centrifugaron a 15,000 rpm durante 15 min y los sobrenadantes se almacenaron a 4 °C (Eim *et al.*, 2013).

#### *Polifenoles totales*

El contenido fenólico total se midió usando una modificación del método Folin-Ciocalteu (González-Centeno *et al.*, 2012). El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón de ácido gálico, y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra base seca (bs).

#### *Capacidad antioxidante*

Para la determinación de la capacidad captadora del catión radical ABTS+ (2,2-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid), se utilizó la metodología descrita por González-Centeno *et al.* (2012) con algunas modificaciones. La cuantificación de la capacidad captadora de radicales se utilizó el ensayo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (Brand-Williams *et al.*, 1995). En ambos ensayos los resultados se estimaron usando la Ecuación (1).

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Abs control} - \text{Abs muestra}}{\text{Abs control}} * 100 \quad (1)$$

Para la determinación de la capacidad antioxidante por el método ferric reducing antioxidant power (FRAP) se utilizó la metodología descrita por Bayar *et al.* (2016). Se realizó una curva de calibración de Trolox usando concentraciones de 0.2 a 1.2 mM. Los resultados se expresaron en  $\mu\text{M}$  equivalente en trolox/g bs.

### Análisis estadístico

La información se analizó en un modelo en un modelo en parcelas divididas con arreglo en bloques al azar y factorial en tratamientos. El análisis *post hoc* se hizo con la diferencia mínima significativa de Fisher con  $P \leq 0.05$ . Todos los cálculos se efectuaron en el sistema STATISTICA® (ver. 7.0, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

## Resultados y Discusión

### Polifenoles totales

El contenido fenólico total de los extractos de cladodio de las variedades 'Roja Lisa', 'Cristalina', 'Amarilla Olorosa' y 'Dalia Roja' osciló entre 272.6 a 578.5 mg equiv. de ácido gálico bs (Figura 1). La variedad 'Amarilla olorosa' mostró los valores promedio más altos de compuestos fenólicos (416.1- 578.5 mg equiv. de ácido gálico bs); mientras que la variedad 'Roja Lisa' presentó los valores promedio más bajos (entre 272.6 y 333.3 mg equiv. de ácido gálico bs).

También, mientras que, en la mayoría de las variedades estudiadas, el contenido de polifenoles fue mayor en las plantas sometidas a RS. Es posible que el incremento de estos compuestos sea el resultado del desarrollo de episodios estrés hídrico en las plantas sometidas a este sistema de riego. Ha sido documentado que el incremento de metabolitos secundarios, como los polifenoles, en plantas de *Opuntia* puede verse como un mecanismo bioquímico de tolerancia a episodios de sequía y, en consecuencia, aumenta la producción de estos compuestos (Boutakiout *et al.*, 2018). Sin embargo, el contenido de compuestos polifenólicos de los extractos de plantas SR de todas las variedades estudiadas mostraron los valores promedio más bajos. Esto sugiere que el déficit hídrico desarrollado limitó el metabolismo secundario en estas plantas en favor de la supervivencia de éstas en condiciones ambientales desfavorecidas (Król *et al.*, 2014); mientras que lo opuesto se observó en plantas bajo RS y RC (Figura 1).

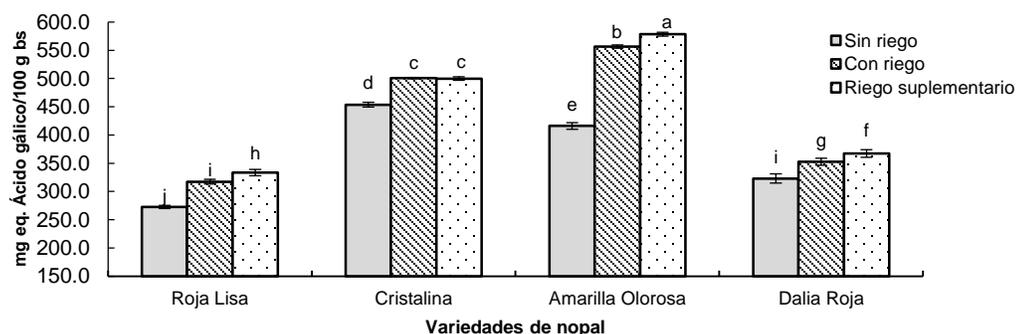
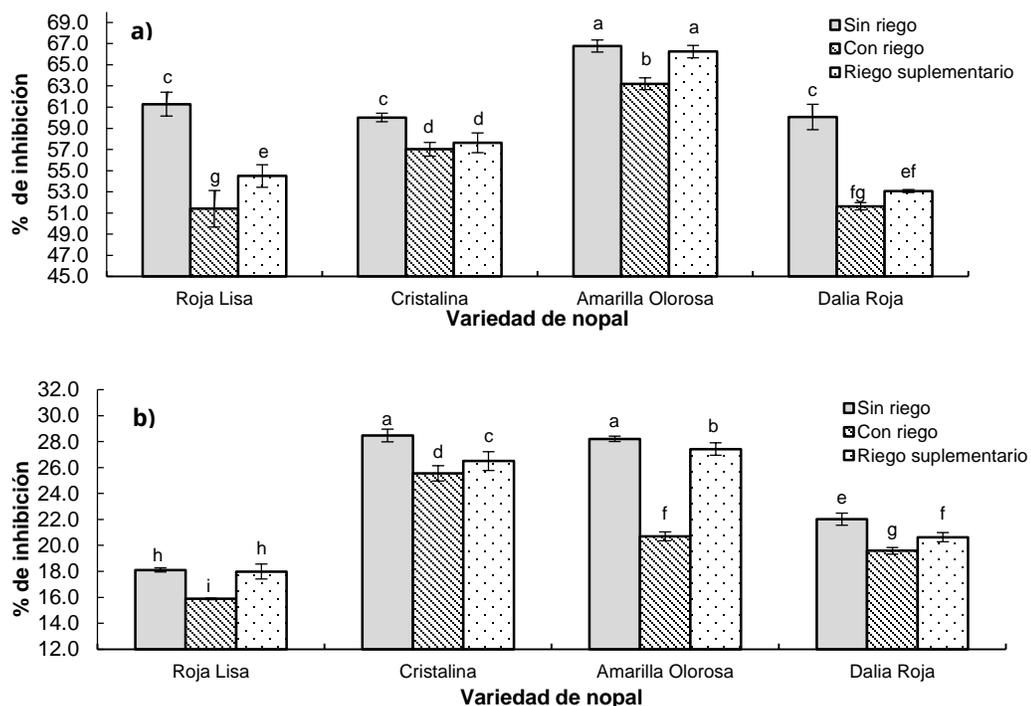


Figura 1. Contenido fenólico total de cladodios de variedades *Opuntia* spp. sometidas a regímenes de riego. Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente con base en la diferencia mínima significativa de la prueba de Fisher con  $p \leq 0.05$ .

### Capacidad antioxidante

De manera general, se observó que las variedades 'Cristalina' y 'Amarilla Olorosa' mostraron los mayores valores promedio de capacidad antioxidante determinada por los métodos ABTS, DPPH y FRAP (Figura 2).

Los valores promedio de FRAP indicaron una disminución en la capacidad antioxidante en los extractos de cladodios de plantas SR en todas las variedades estudiadas. Un comportamiento similar se encontró en el contenido fenólico total en los extractos de *Opuntia* analizados en esta investigación. Investigaciones previas, apoyan este último resultado, ya que el potencial reductor férrico se correlacionó con el contenido fenólico (Katalinic *et al.*, 2006; Wong *et al.*, 2006). También se observó que la capacidad antioxidante determinada por los métodos ABTS y DPPH de los extractos de cladodios de plantas SR aumentó en las todas variedades analizadas. Estos resultados (ABTS y DPPH) indican que es posible que el déficit hídrico promueva el aumento de otros compuestos asociados a la capacidad antioxidante. Probablemente, estos compuestos no sean de naturaleza polifenólica (e.g., vitaminas, carotenoides, betalaínas, antocianinas, tocoferoles y/o carbohidratos) o estén presentes compuestos fenólicos con mayor eficiencia que otros (Alves *et al.*, 2017; Natella *et al.*, 1999; Rodrigues *et al.*, 2011).



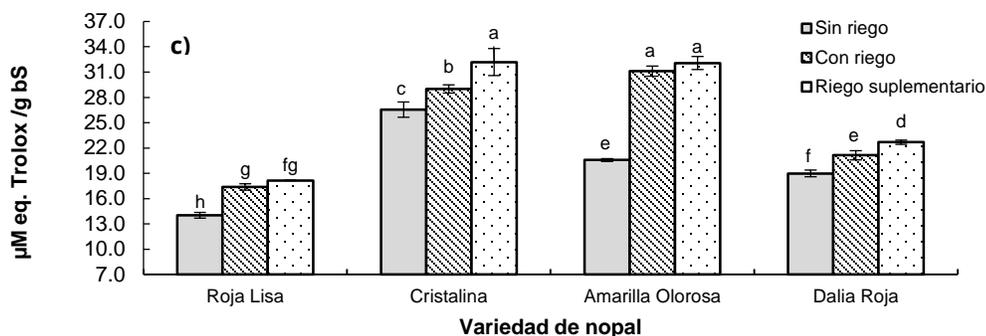


Figura 2. Capacidad antioxidante determinada por los métodos a) ABTS, b) DPPH y c) FRAP en cladodios de variedades de *Opuntia* spp. Sometidas a regímenes de riego. Promedios seguidos de la misma letra, no difieren estadísticamente con base en la diferencia mínima significativa de la prueba de Fisher con  $p \leq 0.05$

## Conclusión

La variedad 'Amarilla Olorosa' presentó los valores promedio más altos en el contenido de compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante (ABTS, DPPH y FRAP). Los ensayos ABTS y DPPH mostraron resultados comparables. Los extractos obtenidos de plantas sin riego presentaron la mayor tasa de capacidad antioxidante. Además, los extractos de cladodios de las variedades estudiadas, que no fueron irrigadas presentaron el menor contenido de compuestos polifenólicos y menor capacidad antioxidante con el ensayo FRAP. Así, el presente estudio sugiere que los cladodios pueden usarse como fuente de antioxidantes naturales con perspectivas de aplicación en el campo nutricional y funcional en la dieta humana.

## Literatura Citada

- Alves, F.A.L., A. Pereira-De Andrade, B.L. Alcântara-Bruno, M.G. De Vasconcelos-Silva, M.F. Vanderlei-De Souza, and D. Cordeiro-Dos Santos. 2017. Seasonal variability of phenolic compounds and antioxidant activity in prickly pear cladodes of *Opuntia* and *Nopalea* genres. *Food Sci. Technol.*, 37:536-543.
- Bayar, N., M. Kriaa, and R. Kammoun. 2016. Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes. *Inter. J. Biol. Macromol.*, 92:441-450.
- Boutakiout, A., D. Elothmani, H. Hanine, M. Mahrouz, D. Le Meurlay, I. Hmid, and S. Ennahli. 2018. Effects of different harvesting seasons on antioxidant activity and phenolic content of prickly pear cladode juice. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 17(4):471-480.
- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.*, 28(1):25-30.
- Corral-Aguayo, R.D., E.M. Yahia, A. Carrillo-Lopez, and G. Gonzalez-Aguilar. 2008. Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *J. Agric. Food Chem.*, 56(22):10498-10504.
- Do Nascimento, N.C., and A.G. Fett-Neto. 2010. Plant secondary metabolism and challenges in modifying its operation: an overview. *Methods Mol. Biol.*, 6943:1-13.
- Eim, V.S., D. Urrea, C. Rosselló, J.V. García-Pérez, A. Femenia, and S. Simal. 2013. Optimization of the drying process of carrot (*Daucus carota* v. Nantes) on the basis of quality criteria. *Drying Technol.*, 31(8):951-962.

- González-Centeno, M.R., M. Jourdes, A. Femenia, S. Simal, C. Rosselló, and P.-L. Teissedre. 2012. Proanthocyanidin composition and antioxidant potential of the stem winemaking byproducts from 10 different grape varieties (*Vitis vinifera* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 60(48):11850-11858.
- Guevara-Figueroa, T., H. Jiménez-Islas, M.L. Reyes-Escogido, A.G. Mortensen, B.B. Laursen, L.W. Lin, A. De León-Rodríguez, I.S. Fomsgaard, and A.P.B. De la Rosa. 2010. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *J. Food Compos. Anal.*, 23(6):525-532.
- Kalegowda, P., A.S. Chauhan, and S.M.N. Urs. 2017. *Opuntia dillenii* (Ker-Gawl) Haw cladode mucilage: Physico-chemical, rheological and functional behavior. *Carbohydr. Polym.*, 157:1057-1064.
- Katalinic, V., M. Milos, T. Kulisic, and M. Jukic. 2006. Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food chem.*, 94(4):550-557.
- Król, A., R. Amarowicz, and S. Weidner. 2014. Changes in the composition of phenolic compounds and antioxidant properties of grapevine roots and leaves (*Vitis vinifera* L.) under continuous of long-term drought stress. *Acta Physio. Plant.*, 36(6):1491-1499.
- Natella, F., M. Nardini, M. Di Felice, and C. Scaccini. 1999. Benzoic and cinnamic acid derivatives as antioxidants: Structure- activity relation. *J. Agric. Food Chem.*, 47(4):1453-1459.
- Rodrigues, E., N. Poerner, I.I. Rockenbach, L.V. Gonzaga, C.R. Mendes, and R. Fett. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. *Food Sci. Technol.*, 31:911-917.
- Wong, C.C., H.B. Li, K.W. Cheng, and F. Chen. 2006. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food chem.*, 97(4):705-711.
- Zegbe, J., J. Mena Covarrubias, and V.S.I. Dominguez Canales. 2013. Cactus mucilage as a coating film to enhance shelf life of unprocessed guavas (*Psidium guajava* L.). *Acta Hort.*, 1067:423-427.

## INDICADORES QUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS DEL MUCILAGO EN TRES VARIEDADES DE NOPAL (*Opuntia spp.*) A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD EN EL SUELO

Roberto Bacarrillo-López<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>, Arnoldo Flores-Hernández<sup>1</sup>,  
Marco A. Inzunza-Ibarra<sup>2</sup>, Francisco J. Macías-Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria. Campo experimental Gómez Palacio, Durango. <sup>3</sup>Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad Autónoma Chapingo. Calera, Zacatecas. \*Autor para correspondencia. Email: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

El uso sostenible de los recursos naturales se basa primordialmente en el cuidado de los recursos hídricos, sin agua los ecosistemas no desarrollan su potencial productivo, impactando directamente a la biodiversidad que lo compone. En la actualidad la sequía es uno de los problemas que más daños está provocando en los sistemas agro-sociales de México, principalmente en el norte del país, donde históricamente se presenta dicho fenómeno meteorológico (Esparza, 2014). El nopal (*Opuntia spp*) verdura se usa como alimento para los pobladores de las zonas áridas, las cuales se caracterizan por una baja y errática precipitación pluvial y alto índice de evapotranspiración. Por ser una fuente de materia verde y alto contenido de agua, también es usado como forraje en la ganadería de estas regiones, utilizado en temporadas de sequía por aportar energía digestible y también por contener vitaminas benéficas para el ganado. El consumo de 40 kg de nopal por día, abastece al ganado de 35 litros de agua (SIAP, 2019). El objetivo de esta investigación fue Identificar la productividad y calidad del mucilago en diferentes variedades de nopal en condiciones contrastantes de humeada edáfica.

### 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. El área de estudio se ubica entre los 101° 41' - 104° 61' LO y 24° 22' - 26° 23' LN, a una altitud media de 1,100 msnm. El clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación media anual de 2,000 mm, la temperatura media anual de 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C (Medina *et al.*, 2005).

Se usó un diseño experimental de Bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron tres contenidos de humedad edáfica: favorable (CC: 22-28 %), favorable (15-21 %) y desfavorable (PMP: 8-14 %); las parcelas chicas correspondieron a tres variedades de nopal: Chapingo, Narro y Escobar. La unidad experimental fue de 4 hileras de nopal de 8 m de longitud cada una, la parcela útil fueron las dos hileras centrales, a partir de las cuales se seleccionaron 4 plantas al azar de las cuales se obtuvo la información de las variables en estudio, con un total de 9 tratamientos.

Las variables se midieron seis meses después del establecimiento del experimento, durante la estación de primavera-verano de 2020. Las variables medidas fueron: contenido de mucílago (ml); contenido relativo de agua (%); pH, contenido de cenizas (%); sólidos totales (%); contenidos de Clorofila A ( $\mu\text{L}$ ), Clorofila B ( $\mu\text{L}$ ) y Pigmentos totales (%), contenido de cenizas (%), proteína, fibra, lignina y micronutrientes. Se realizaron análisis de varianza y prueba de rango múltiple de medias Tukey para identificar el efecto de tratamiento, se utilizó el programa estadístico Minitab 16 y SAS versión 9.0.

## Resultado y Discusión

En lo referente al mucílago la variedad Chapingo fue significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) en los contenidos muy favorable y favorable de humedad del suelo (21-28 y 5-21 %, respectivamente); en tanto que fue la de peor efecto en el contenido de humedad desfavorable, con valores de 800, 712.6 y 552.3 ml, respectivamente; respecto de las variedades Escobar y Narro, las cuales fueron de mayor valor en el contenido de humedad desfavorable, con valores de 571 y 573.3 ml, respectivamente. Esto sugiere que estas últimas variedades son más tolerantes al estrés hídrico, manteniendo su productividad ante condiciones desfavorables, Galicia-Villanueva *et al.* (2017) señalan valores un poco superiores en cladodios en experimento realizado al nopal *Opuntia ficus* bajo diferentes tipos de fertilización. El contenido de sólidos totales y cenizas no varió de manera significativa entre variedades en ninguno de los contenidos de humedad (Cuadro 1), Esto significa que la planta de nopal tiene una amplia tolerancia a las condiciones deficiente de humedad en el suelo, sin llegar a provocarle estrés que motive la concentración de elementos inorgánicos y de polisacáridos; En un análisis químico del contenido proteínas, fibra, lignina y micronutrientes, no se identificó ningún efecto por variedad, ni por contenido de humedad del suelo o su interacción (Datos no mostrados). Torres *et al* (2016) y Lopes (2007) reportan datos similares.

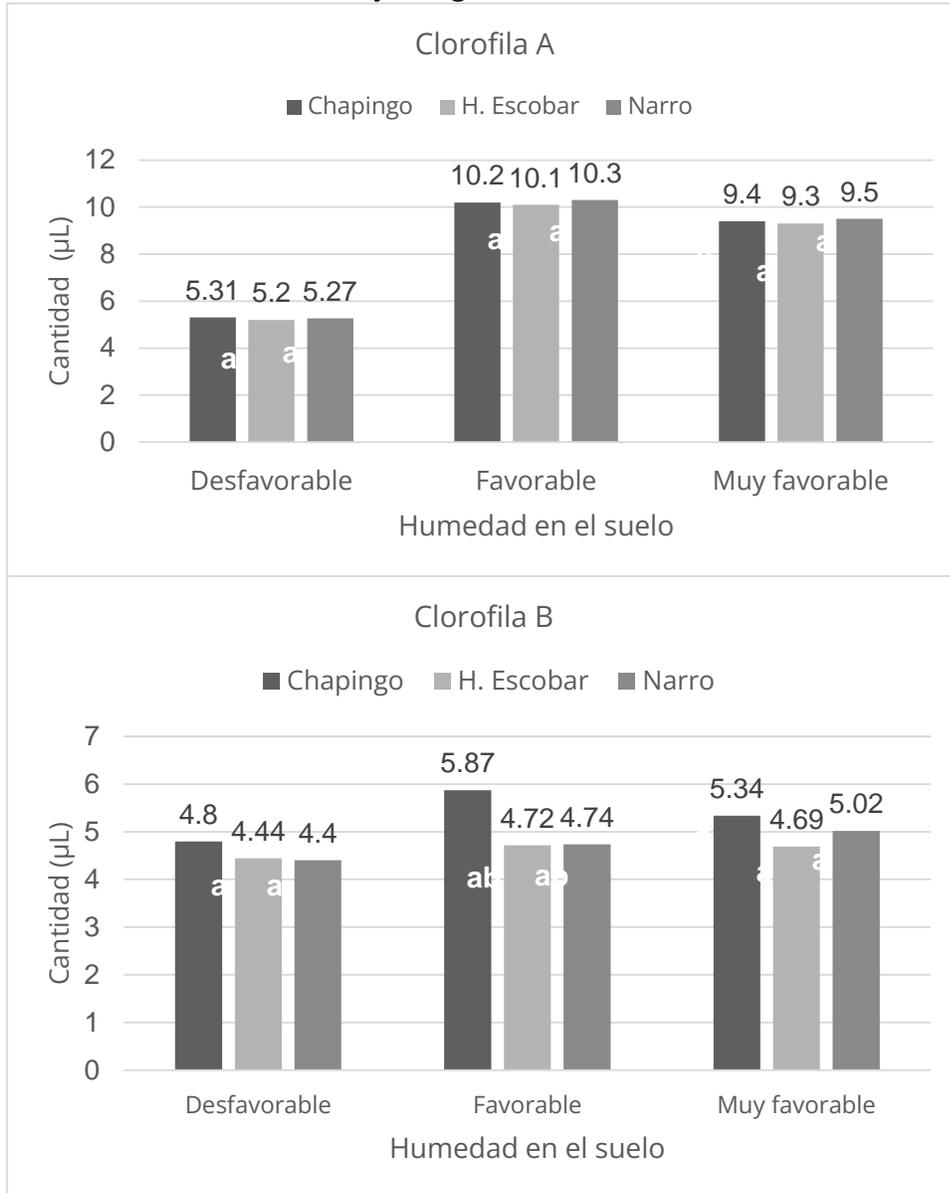
Cuadro 1. Efecto del contenido de humedad del suelo en la cantidad y calidad del mucílago en tres variedades de nopal (*Opuntia spp.*). Bermejillo, Durango. Primavera - verano, 2020.

Variedad Nopal	Contenido de humedad en el suelo (%)					
	Muy Favorable (22 - 28)		Favorable (15 - 21)		Desfavorable (8 - 14)	
	CM (ml)	ST (%)	CM (ml)	ST (%)	CM (ml)	ST (%)
Chapingo	800.0 a	6.00 a	712.6 a	6.00 a	552.3 b	6.00 a
Escobar	789.3 c	6.33 a	701.3 b	6.00 a	571.0 a	6.00 a
Narro	795.6 b	5.66 a	706.0 b	6.00 a	573.3 a	6.00 a
Media	795.0	6.00	706.66	6.11	565.55	6.00

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. CM= Contenido de mucílago ST= Sólidos totales

Las clorofilas A y B y los pigmentos totales, son directamente afines con la actividad fotosintética, la cual es el principal proceso fisiológico para la conversión de los compuestos minerales a compuestos orgánicos requeridos para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Calatayud y Barreno, 2004).

Figura 1. Contenido de clorofila A y B en tres variedades de nopal (*Opuntia* spp) bajo diferentes contenidos de humedad del suelo. Bermejillo, Dgo. Primavera - verano, 2020.



Prueba de Tukey ( $\leq 0.05$ ). Datos con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

El efecto en la concentración de estas variables, sólo fue detectable en el contenido favorable (15-21%), donde la variedad Narro, fue la de mayores valores en Clorofila A, con valores de 10.36 %; en tanto que la variedad Chapingo, fue mayor en contenido de Clorofila B, el cual fue menor en las variedades Escobar y Narro, sin diferencia estadística entre ellas. Los contenidos de humedad muy favorable (22-28%) y desfavorable (8-14%), no hubo efecto para ninguna de las tres variables antes citada (figura 1).

## Conclusiones

La variedad Chapingo mostró adecuados niveles de productividad de mucílago de nopal en contenidos favorable (15-21%) y muy favorable (22-28%) de humedad del suelo, pero esta variable de productividad se afectó significativamente ante condiciones deficientes de humedad (8-14 %); en esta última condición de estrés destacan las variedades Escobar y Narro, sin diferencia estadística entre ellas. Ninguna variedad de nopal se afectó en el contenido de sólidos totales por el contenido de humedad en el suelo, ni en el contenido de cenizas, proteína, fibra, lignina y micronutrientes.

## Literatura Citada

- Calatayud A, Barreno E (2004) Response to ozone in two lettuce varieties on chlorophyll a fluorescence, photosynthetic pigments and lipid peroxidation. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 549-555.
- Esparza, Miguel. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*. (89): 193-219.
- Galicia-Villanueva, S., Escamilla-García, P. E., Alvarado-Raya, H., Aquino-González, L. V., Serna-Álvarez, H., & Hernández-Cruz, L. M. (2017). Plantación experimental de nopal para evaluación de sistemas de fertilización y extracción de mucílago. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1087-1099.
- LOPES, E. D., BRITO, C. D., Guedes, C. C., SANTOS, D. D., Araújo, E., BATISTA, J. D. L., ... & Cavalcanti, V. A. L. B. (2007). Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. João Pessoa: Emepa/Faepa, 130.
- Medina, G. G., Diaz, P. G. López, H. J, Ruíz, C. J. A, y Marín, S. M. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 – 2003). Libro Técnico № 1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP. 224 p.
- Torres-Sales, A. (2010). Composición química del nopal y sus implicaciones en la nutrición de rumiantes (experiencias Brasil). *Revista salud pública y nutrición*, 5, 143-151.
- SIAP (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Información Ganadera. Consultado en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/136762>

## **ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LA LECHERÍA BOVINA SEMITECNIFICADA/FAMILIAR O RURAL EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA**

Karla Rodríguez-Hernández<sup>1</sup>, Esmeralda Ochoa Martínez<sup>1</sup>, Jorge Maldonado-Jáquez<sup>1</sup>,  
Carlos Torres Rodríguez<sup>2</sup>, Juan Isidro Sánchez-Duarte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. La Laguna CIRNOC. Blvd. José Santos Valdéz 1200 Pte., Matamoros, Coahuila, México. <sup>2</sup>CT. Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No.48 (BEDR), Calle Lázaro Cárdenas 90, Nvo. Linares del Sur, Fco I. Madero, Coahuila, México. \* Autor de correspondencia: rodriguez.karla@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En el estado de Coahuila, aproximadamente el 0.6% de la producción de leche de bovino proviene de productores rurales pequeños (SIAP, 2017); los cuales pertenecen a un sector altamente vulnerable debido a que muchos han tenido que vender parte de sus animales al rastro o abandonar la actividad al no poder absorber altos costos de producción y no obtener precios competitivos por su leche por no contar con sistemas de integración vertical o sociedades cooperativas que les permitan acceder a insumos a un costo competitivo. De acuerdo con información de la CNOG, la Confederación Nacional de productores Rurales (CNPR) y el Frente Nacional de Productores y Consumidores de Leche en la Comarca Lagunera, entre los años 2012 y 2018 han desaparecido más de 500 mil productores a nivel nacional, principalmente semitecnificados/familiares o rurales (El Sol de La Laguna, 11-12-2018; El Siglo de Torreón, 28-12-2018). Al respecto, en la Región Lagunera, se cuenta con poca información sobre la problemática, fortalezas y debilidades tecnológicas, así como cadenas de comercialización y distribución de dichos productores. El objetivo del presente trabajo es presentar información sobre la situación actual de los pequeños productores del sistema de producción de leche de bovino semitecnificado/familiar o rural en la Región Lagunera de Coahuila. Para lograr dicho objetivo el empleo de la tecnología de sistema de procesos (Rodríguez et al., 2013) se presenta como una buena opción ya que dicha tecnología tiene la finalidad de organizar los conocimientos, tecnologías y prácticas para la producción en los establos, y ha sido empleada con éxito previamente por el INIFAP para establos lecheros intensivos (Rodríguez et al., 2011) y ejidales (Rodríguez-Hernández et al., 2018) de la Región Lagunera. La tecnología de sistema de procesos permite organizar las unidades de producción en procesos subordinados jerárquicamente partiendo del modelo de negocio o nivel 0, donde este nivel representa "una fotografía de la organización" con la que es posible identificar las relaciones que existen entre la unidad de producción y los actores externos a ésta, lo que finalmente permitirá separar la aplicación de estrategias por nivel y así hacer más eficiente la ayuda para el sector.

## Materiales y Métodos

Se empleó una encuesta de 82 reactivos cuya estructura fue basada en la tecnología de sistema de procesos. Para la aplicación de las encuestas se realizaron visitas por rutas en donde cada vez que se encontraba un productor se le explicaba el motivo de la encuesta y si accedía, se procedía a encuestarlo. En total se identificaron 40 productores de leche de bovino del sistema semitecnificado/familiar, de los cuáles 5 del municipio de Francisco I Madero optaron por no participar y otros 5 vendieron sus vacas en el transcurso del 2019 y 2020 (2 del municipio de Matamoros y 3 de Viesca).

En total, se contó con información de 30 unidades de producción (UP). Los datos del nivel 0 recolectados en la encuesta fueron analizados mediante estadística descriptiva y posteriormente, empleando un análisis multivariado de componentes principales (ACP). Para el ACP de las variables del nivel 0 se incluyeron los componentes principales con autovalores mayores a 0.87 y que en conjunto explicaban el 70% o más de la variación. Para el análisis de cada componente se tomaron en cuenta las variables primarias que tenían correlación mayor de 0.50 con el componente correspondiente. Se empleó el software de análisis estadístico SAS empleando el procedimiento PRINCOMP (versión 9.3, SAS Institute, Cary, NC, USA).

## Resultados y Discusión

Las características generales de las UP se presentan en el Cuadro 1. Es importante aclarar que, al momento de la encuesta, algunos productores no contaban con vacas en producción ya que se encontraban en su periodo seco (gestantes o próximas al parto). Así mismo, el 10% de los productores reportó un precio de venta igual a \$0 debido a que no venden su leche cotidianamente, si no que la emplean para autoconsumo.

Cuadro 1. Descripción de las unidades de producción (UP) semitecnificadas/familiares o rurales de leche de bovino en la Región Lagunera de Coahuila.

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo
Total de animales en el hato	15	1	40
Número de vacas en ordeño	6	0	30
Litros de leche por día por hato	86	10	600
Precio por litro de leche	\$5.6	\$0	\$12
Número de dependientes de la UP (aparte del productor)	5	0	11
Personas que trabajan en la UP (incluido el productor)	3	1	11
Ingreso total estimado por día por venta de leche	\$523	\$0	\$3,750

Para el nivel 0, se identificaron tres componentes principales, los cuales explicaron el 77% de la variación.

### Descripción de los componentes principales del Nivel 0

**Cientes:** componente que refleja si el productor comercializa su leche fluida a través de intermediarios o vende la leche directamente al consumidor, ya sea fluida o procesada, así como el ingreso total por la venta de su leche por día.

**Competitividad:** relacionado con el precio que recibe el productor por la leche, donde se consideró que los productores que son competitivos reciben más de \$6 por litro de leche.

**Apoyos gubernamentales:** este componente contempla a los productores que están inscritos al Padrón Ganadero Nacional, los cuales pueden aplicar a los apoyos de la Secretaría de Agricultura y obtener un número de identificación única para su ganado, lo que permite entre otras cosas recibir apoyo para la erradicación de la brucelosis y tuberculosis en su ganado.

Cuando dos componentes principales se grafican, es posible observar grupos de UP (planos A, B, C y D de la Figura 1). Cuando se graficó el componente principal clientes y el de competitividad se identificó un grupo de productores que vende su leche a intermediarios que recibe un precio mayor a \$6 por litro de leche. De acuerdo con el análisis, el 76.7% (planos B y D) de los productores vende su leche fluida a intermediarios. De estos productores sólo el 39.1% recibe un precio mayor a \$6 por litro de leche (plano B) y de este porcentaje el 66.7% pertenece al Padrón Ganadero Nacional. El 23.2% de los productores vende directamente al consumidor (planos A y C), y de estos el 85.7% reciben menos de \$6 pesos por litro de leche (plano C), ya sea fluida o procesada, no pertenecen al Padrón Nacional Ganadero y tienen 20 animales o menos. Por lo tanto, éste es posiblemente el grupo más vulnerable donde si bien, es importante que se unan al Padrón Nacional Ganadero, otras estrategias para que obtengan un mejor precio por sus productos podrían ser aplicadas.

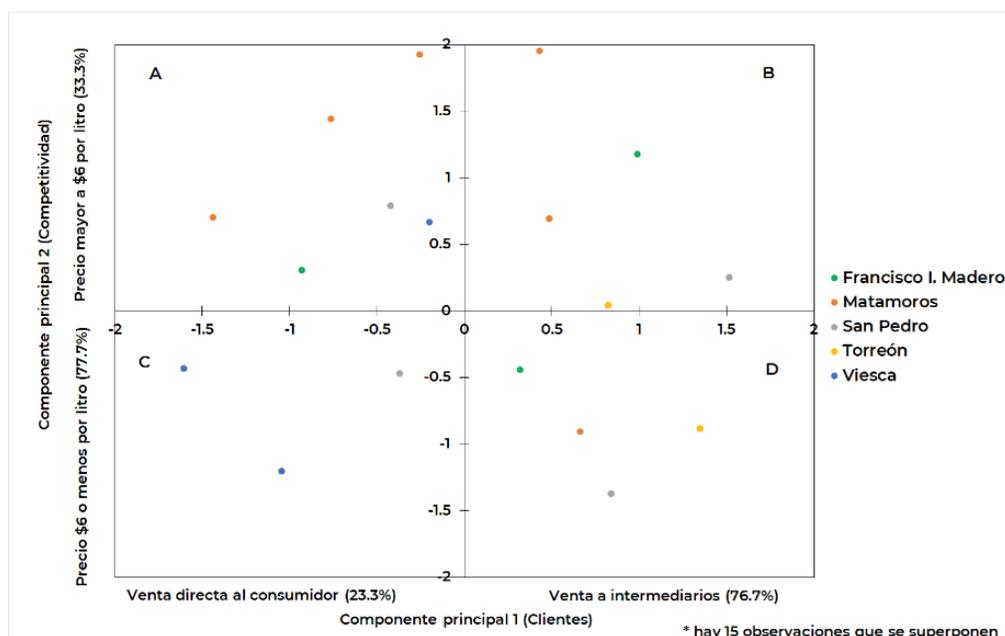


Figura 1. Representación de las unidades de producción por municipio en los planos definidos por los componentes Clientes y Competitividad.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados del presente diagnóstico, se identificaron 3 problemáticas específicas a las cuales se enfrentan los productores del sistema semitecnificado/familiar o rural de leche de bovino de la Región Lagunera: 1) de los productores que venden su leche a intermediarios, el 60.9% recibe menos de \$6 por litro de leche; 2) sólo el 47% de los productores está registrado en el Padrón Ganadero Nacional, por lo que no pueden acceder a los programas de apoyo que ofrece la Secretaría de Agricultura, además de que estos productores desconocen la existencia de éste programa, así como sus beneficios o no saben cómo registrarse; y, 3) de los productores que venden su leche directamente al consumidor (23.2%), ya sea fluida o procesada, el 85.7% recibe menos de \$6 pesos por litro de leche. Dichas problemáticas están relacionadas con su entorno y es donde instancias gubernamentales posiblemente puedan incidir positivamente de mejor manera si se promueve que los productores de éste sector se enrolen en el Padrón Nacional Ganadero, ya que, al parecer, esto podría favorecer la negociación del precio que les pagan por su leche en adición a obtener otros beneficios como el acceso a programas de apoyo gubernamental. Los resultados del presente trabajo fueron financiados por el proyecto SIGI 1216304085 Diagnóstico de la lechería bovina semitecnificada/familiar en la Región Lagunera de Coahuila (Matamoros, San Pedro, Torreón, Viesca y Francisco I. Madero), financiado por FONCYT COAH-2019-C13-C070.

## Literatura Citada

- El Siglo de Torreón, 28-12-2018. Productores de leche pierden 14 mil mdp. En: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1531696.productores-de-leche-pierden-14-mil-mdp.html>
- El Sol de La Laguna, 11-12-2018. Buscarán solución a bajos precios de leche en la Laguna. En: <https://www.noticiasdelsoldelalaguna.com.mx/local/buscaran-solucion-a-bajos-precios-de-la-leche-en-la-laguna-2796978.html>
- Rodríguez, H. K., Núñez, H. G., González, C. F., Sánchez, D. J. I., González, A. R., Ochoa, M. E., Santana, O. I., Cruz, Ch. J. J., y Gómez, R. M. 2011. Indicadores de nivel 1 de los procesos productivos en establos lecheros intensivos en la región Lagunera y Aguascalientes. AGROFAZ. 11 839: 21- 30.
- Rodríguez, H. K., Núñez, H. G., Ochoa, M. E., Sánchez, D. J. I., Cruz, Ch. J. J., Figueroa, V. U. y González, A. R. (2013) Empleo del enfoque de procesos en establos lecheros de la Región Lagunera. Libro técnico No. 4. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rodríguez-Hernández, K., Ochoa-Martínez, E., Sánchez-Duarte, J. I., Núñez-Hernández, G., y González-Avalos, R. 2018. Proceso de crianza de becerras y vaquillas de reemplazo en establos especializados de tamaño mediano de la región Lagunera, México. Ciencia e Innovación. 1 (2):335-348.
- SIAP. (2017) Cierre de la producción de leche y valor de la producción, 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

## **ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LECHERÍA BOVINA SEMITECNIFICADA/FAMILIAR O RURAL EN LA REGIÓN LAGUNERA DE COAHUILA**

Karla Rodríguez-Hernández<sup>1</sup>, Esmeralda Ochoa Martínez<sup>1</sup>, Jorge Maldonado-Jáquez<sup>1</sup>, Carlos Torres Rodríguez<sup>2</sup>, Juan Isidro Sánchez-Duarte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. La Laguna CIRNOC. Blvd. José Santos Valdéz 1200 Pte., Matamoros, Coahuila, México. <sup>2</sup>CT. Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No.48 (BEDR), Calle Lázaro Cárdenas 90, Nvo. Linares del Sur, Fco I. Madero, Coahuila, México. \* Autor de correspondencia: rodriguez.karla@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En el estado de Coahuila, aproximadamente el 0.6% de la producción de leche de bovino proviene de productores rurales pequeños (SIAP, 2017); los cuales pertenecen a un sector altamente vulnerable debido a que muchos han tenido que vender parte de sus animales al rastro o abandonar la actividad al no poder absorber altos costos de producción y no obtener precios competitivos por su leche por no contar con sistemas de integración vertical o sociedades cooperativas que les permitan acceder a insumos a un costo competitivo. De acuerdo con información de la CNOG, la Confederación Nacional de productores Rurales (CNPR) y el Frente Nacional de Productores y Consumidores de Leche en la Comarca Lagunera, entre los años 2012 y 2018 han desaparecido más de 500 mil productores a nivel nacional, principalmente semitecnificados/familiares o rurales (El Sol de La Laguna, 11-12-2018; El Siglo de Torreón, 28-12-2018). Al respecto, en la Región Lagunera, se cuenta con poca información sobre la problemática, fortalezas y debilidades tecnológicas, así como cadenas de comercialización y distribución de dichos productores. El objetivo del presente trabajo es presentar información sobre la situación actual de los pequeños productores del sistema de producción de leche de bovino semitecnificado/familiar (o rural) en la Región Lagunera de Coahuila. Para lograr dicho objetivo el empleo de la tecnología de sistema de procesos (Rodríguez et al., 2013) se presenta como una buena opción ya que dicha tecnología tiene la finalidad de organizar los conocimientos, tecnologías y prácticas para la producción en los establos, y ha sido empleada con éxito previamente por el INIFAP para establos lecheros intensivos (Rodríguez et al., 2011) y ejidales (Rodríguez-Hernández et al., 2018) de la Región Lagunera. La tecnología de sistema de procesos permite organizar las unidades de producción en procesos subordinados jerárquicamente partiendo del modelo de negocio o nivel 0 y continúan hacia los procesos de negocio (nivel 1): manejo de forrajes, manejo de alimentación, manejo reproductivo, crianza, salud, ordeño y manejo de excretas. El análisis de los procesos de nivel 1, permitirá identificar las áreas de oportunidad en la parte interna de cada establo, principalmente en el uso de tecnologías, así como las necesidades de investigación para los productores de éste sector.

## Materiales y Métodos

Se empleó una encuesta de 82 reactivos cuya estructura fue basada en la tecnología de sistema de procesos. La información se colectó para los procesos de Nivel 1: manejo de forrajes, manejo de alimentación, manejo reproductivo, crianza, salud, ordeño y manejo de excretas. Para la aplicación de las encuestas se realizaron visitas por rutas en donde cada vez que se encontraba un productor se le explicaba el motivo de la encuesta y si accedía, se procedía a encuestarlo. En total se identificaron 40 productores de leche de bovino del sistema semitecnificado/familiar, de los cuáles 5 del municipio de Francisco I. Madero optaron por no participar y otros 5 vendieron sus vacas en el transcurso del 2019 y 2020 (2 del municipio de Matamoros y 3 de Viesca). En total, se contó con información de 30 unidades de producción (UP). Los datos recolectados de los procesos de nivel 1 en la encuesta fueron analizados mediante estadística descriptiva y posteriormente, empleando un análisis multivariado de componentes principales (ACP). Para el ACP de las variables del nivel 1 se incluyeron los componentes principales con autovalores mayores a 1 y que en conjunto explicaban el 70% o más de la variación. Para el análisis de cada componente se tomaron en cuenta las variables primarias que tenían correlación mayor de 0.50 con el componente correspondiente. Se empleó el software de análisis estadístico SAS empleando el procedimiento PRINCOMP (versión 9.3, SAS Institute, Cary, NC, USA).

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se muestran las características generales de las UP de cada municipio.

Cuadro 1. Descripción de las unidades de producción (UP) semitecnificadas/familiares o rurales de leche de bovino en la Región Lagunera de Coahuila; los valores son promedio.

Variable	Matamoros	Francisco I. Madero	San Pedro	Torreón	Viesca
Total de animales en el hato	13	14	18	21	10
Número de vacas en ordeño	3	7	9	12	4
Litros de leche por día	53	65	157	173	16
Precio por litro de leche	\$6.1	\$6.2	\$5.3	\$6.0	\$3.3
Número de dependientes de la UP (aparte del productor)	6	4	3	5	5
Personas que trabajan en la UP (incluido el productor)	4	1	1	2	3
Ingreso total estimado por día por venta de leche	\$357	\$389	\$941	\$1,025	\$83
Hectáreas sembradas con forraje para sus animales	9	3	50	0	2
Costo de alimentación de todo el ganado de la UP por día	\$92	\$170	\$315	\$341	\$34
Duración del periodo voluntario de espera, días	55	81	219	50	30
Tiempo que se alimenta a las becerras con leche, días	57	60	111	73	121

*Descripción de los componentes principales del Nivel 1*

Para el análisis de componentes principales de los procesos de nivel 1 se analizaron 12 variables, lo que resultó en la identificación de 3 componentes principales que explicaron el 72% de la variación.

*Productividad:* componente compuesto por el número de vacas en ordeño, el total de leche producida por día en la UP, el ingreso bruto diario estimado por venta de leche y el costo por día de la alimentación de todo el ganado de la UP.

*Mano de obra:* componente relacionado con el número de dependientes de los ingresos de la UP (aparte del productor) y el número de dependientes que trabajan en la misma.

*Otros procesos:* este componente incluye a los procesos de forrajes (superficie sembrada para alimentar al ganado de la UP) y manejo reproductivo (manejan un periodo voluntario de espera definido después del parto para comenzar con las montas o inseminaciones artificiales, cuando el valor es 0 significa que las vacas están todo el tiempo con el toro).

Cuando dos componentes principales se grafican, es posible observar grupos (planos A, B, C y D de la Figura 1) de productores que tienen ventajas o que requieren la mayor atención, esto puede ayudar a definir estrategias específicas para cada grupo. Cuando se graficó el componente principal productividad junto con el de mano de obra se observa que en los planos C y D tienen la mayor cantidad de productores (43% y 20%, respectivamente). Estos planos reflejan a las UP más susceptibles, ya que sólo el productor trabaja en la UP. Cuando el productor se retire, estas unidades serán las que posiblemente desaparezcan.

*Matamoros:* Este municipio alberga al 33.3% de los productores rurales de leche de bovino en la Región Lagunera de Coahuila. El 18.2% de los productores son productivos y cuentan con ayuda de sus dependientes (plano B). El 45.4% se encuentran en el plano A, los cuales no son productivos y los dependientes ayudan en la UP. Los grupos de UP que se localizan en el plano D (son productivos y sólo el productor trabaja en la UP; 9.1%) y el plano C (no son productivos y sólo el productor trabaja en la UP; 27.3%) tienen una alta probabilidad de que desaparezcan cuando el productor se retire.

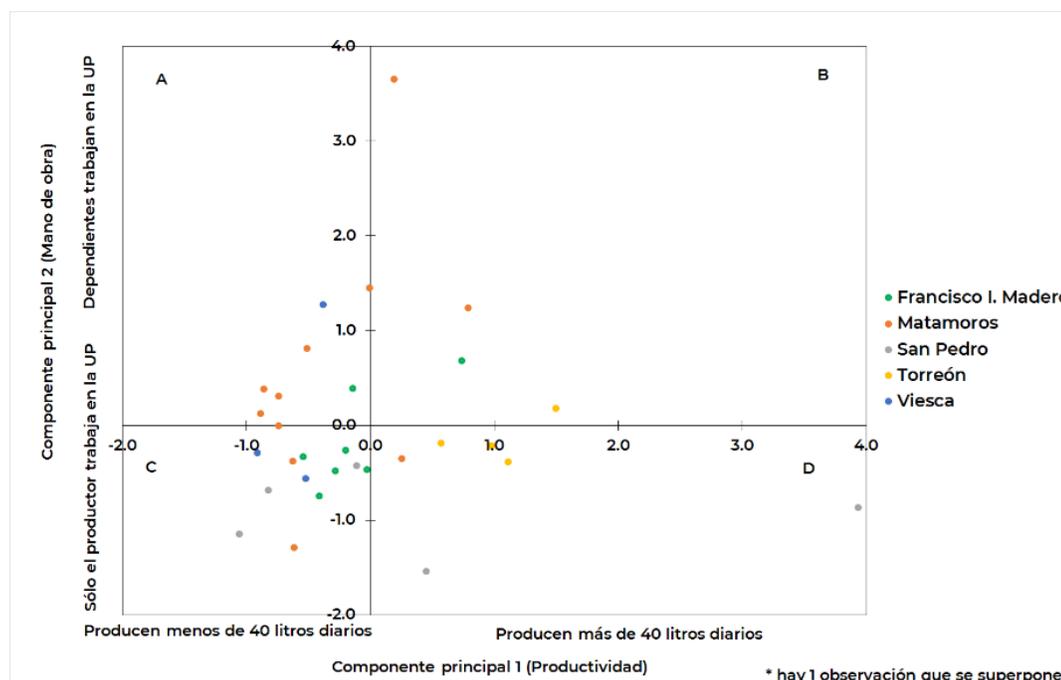


Figura 1. Representación de las unidades de producción por municipio en los planos definidos por los componentes Productividad y Mano de obra.

*Francisco I. Madero:* Este municipio es el segundo de la Región Lagunera de Coahuila que alberga el mayor número de productores rurales de leche de bovino encuestados (28.2%). Sólo el 14.3% de los productores son productivos y cuentan con ayuda de sus dependientes (plano B) y 14.3% en el plano A (no son productivos y los dependientes ayudan en la UP). El 71.4% de los productores de este municipio se encuentran en el plano C (no son productivos y sólo el productor trabaja en la UP).

*San Pedro:* Este municipio, alberga al 12.8% de los productores rurales de leche de bovino en la Región Lagunera de Coahuila. El 60% de estos productores se localizan en el plano C (no son productivos y sólo el productor trabaja en la UP) y el 40% restante en el plano D (son productivos y sólo el productor trabaja en la UP).

*Torreón:* El 10.3% de los productores rurales de leche de bovino se encuentra en este municipio. El 25% de los productores se encuentra en el plano B (son productivos y los dependientes ayudan en la UP) y 75% en el plano D (son productivos y sólo el productor trabaja en la UP).

*Viesca:* Este municipio alberga al 15.4% de los productores rurales de leche de bovino en la Región Lagunera de Coahuila. Una gran parte de sus productores (66.7%) trabaja solo en la UP y son poco productivos (plano C) y el 33.3% restante, aunque cuenta con apoyo de los familiares en la UP, es poco productivo (plano A).

*Componente "Otros Procesos": Manejo de la alimentación*

En las UP estudiadas, las actividades relacionadas con el manejo de la alimentación se realizan de manera "rústica" ya que las cantidades y el tipo de ingredientes empleados dependen de la disponibilidad y el conocimiento empírico de los productores. El 75% de los productores indicaron que a las vacas en producción se les ofrece heno de alfalfa en el comedero, donde usualmente ofrecen una paca de heno (entre 25 a 30 kg) por cada 3 vacas en la mañana y lo mismo por la tarde. El 41% de los productores al momento del ordeño ofrece a cada vaca alimento concentrado o maíz roado (entre 1 a 6 kg por vaca). Cuando el productor tiene acceso a otros ingredientes estos los ofrece dependiendo de la disponibilidad. Sólo uno de los productores indicó que prepara algo similar a una ración totalmente mezclada (ensilado, heno de alfalfa y otros forrajes mezclados con horquilla). Todas las cantidades informadas son al "tanteo" ya que ninguno de los productores cuenta con una báscula. El costo diario por concepto de alimentación del ganado se estimó basándose en la cantidad de alimento aproximada que el productor indicó que usaba para todos los animales de la UP en un día y los costos aproximados por ingrediente que el productor indicó (media = \$174.5, mínimo = \$0, máximo = \$1,050).

*Componente "Otros Procesos": Manejo reproductivo*

El manejo reproductivo en las UP del estudio fue heterogéneo y se caracteriza por las siguientes actividades: 1) Secado de las vacas: las vacas que están gestantes dejan de ser ordeñadas durante cierto periodo de tiempo antes del parto (80% de los productores lo realiza); 2) administración de calcio posparto (67% de los productores lo lleva a cabo); 3) separar a la cría de la madre después del parto (57% de los productores lo hace); 4) manejo de un periodo voluntario de espera. El 60% de los productores comienza las inseminaciones artificiales o pone la vaca con el toro para que la cubra en un tiempo específico después del parto (promedio 142 días, mínimo = 40 días, máximo = 550 días); 5) método de reproducción, el 87% de los productores preña a sus vacas empleando toros, el 13% restante emplea inseminación artificial; 6) empleo de programas de sincronización del estro: sólo el 17% de los productores usa programas de sincronización y de este porcentaje, el 100% usa monta natural; este es un hallazgo interesante, porque usualmente la tecnología de sincronización en sistemas semitecnificados e intensivos de producción de leche acompaña a la de inseminación artificial; y 7) diagnóstico de gestación. El 53% de los productores indicó que realiza diagnóstico de gestación, aunque el 25% de estos productores no lo hace con la ayuda de un médico veterinario, sino que lo hace de forma visual.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados del presente diagnóstico, se identificaron 4 problemáticas específicas a las cuales se enfrentan los productores del sistema semitecnificado/familiar o rural de leche de bovino de la Región Lagunera dentro de sus unidades de producción: 1) el productor es el único que trabaja en la unidad de producción en el 60% de las ocasiones. Por lo que cuando el productor se retire, muy posiblemente la unidad de producción desaparecerá; 2) sólo el 33% de las unidades de producción de leche de bovino rurales son productivas; 3) el tipo de ingredientes con el que alimentan al ganado en conjunto con el costo por concepto de alimentación del ganado; y 4) el número de vacas que tienen en ordeño, resultado de un manejo reproductivo deficiente. Finalmente, se considera que la problemática de sucesión generacional es la más difícil de abordar ya que está relacionada con que los miembros de la familia de los productores no están interesados en la producción lechera, lo que afecta negativamente la productividad de la UP e incrementa el riesgo de perder unidades de producción en este sector.

Los resultados del presente trabajo fueron financiados por el proyecto SIGI 1216304085 Diagnóstico de la lechería bovina semitecnificada/familiar en la Región Lagunera de Coahuila (Matamoros, San Pedro, Torreón, Viesca y Francisco I. Madero), financiado por FONCYT COAH-2019-C13-C070.

## Literatura Citada

- El Siglo de Torreón, 28-12-2018. Productores de leche pierden 14 mil mdp. En: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1531696.productores-de-leche-pierden-14-mil-mdp.html>
- El Sol de La Laguna, 11-12-2018. Buscarán solución a bajos precios de leche en la Laguna. En: <https://www.noticiasdelsoldelalaguna.com.mx/local/buscaran-solucion-a-bajos-precios-de-la-leche-en-la-laguna-2796978.html>
- Rodríguez, H. K., Núñez, H. G., González, C. F., Sánchez, D. J. I., González, A. R., Ochoa, M. E., Santana, O. I., Cruz, Ch. J. J., y Gómez, R. M. 2011. Indicadores de nivel 1 de los procesos productivos en establos lecheros intensivos en la región Lagunera y Aguascalientes. AGROFAZ. 11 839: 21- 30.
- Rodríguez, H. K., Núñez, H. G., Ochoa, M. E., Sánchez, D. J. I., Cruz, Ch. J. J., Figueroa, V. U. y González, A. R. (2013) Empleo del enfoque de procesos en establos lecheros de la Región Lagunera. Libro técnico No. 4. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rodríguez-Hernández, K., Ochoa-Martínez, E., Sánchez-Duarte, J. I., Núñez-Hernández, G., y González-Avalos, R. 2018. Proceso de crianza de becerras y vaquillas de reemplazo en establos especializados de tamaño mediano de la región Lagunera, México. Ciencia e Innovación. 1 (2):335-348.
- SIAP. (2017) Cierre de la producción de leche y valor de la producción, 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

## EFFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE NANOPARTÍCULAS DE ZINC EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

Reyna Roxana Guillén-Enríquez<sup>1</sup>, Juan Manuel Nava-Santos<sup>2</sup>, Gerardo Zapata-Sifuentes<sup>1,2</sup>,  
Laura Andrea Pérez-García<sup>1</sup>, Pablo Preciado-Rangel<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup>Doctorado en Ciencias en Agua Suelo. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. 27170, Torreón, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n. CP. 27054, Torreón, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: reguillen@outlook.com

### Introducción

El zinc (Zn) es el micronutriente con mayor importancia tanto para humanos, animales como para las plantas; participando en la producción de clorofila, enzimas, proteínas y procesos oxidativos de todas las plantas (Yusefi-Tanha et al., 2021). Sin embargo, debido a sus bajas concentraciones y biodisponibilidad tiende a existir una deficiencia de Zn la cual afecta negativamente en el rango fotosintético, acumulación de azúcar y en la nutrición (Zhang et al., 2018). Por lo anterior, para mitigar la deficiencia, se han implementado los fertilizantes, los cuales no solo dan una óptima nutrición, sino también brindan una elevada calidad y eficiente producción, aunque entre sus negativos tienen altos costos, bajos rendimientos, baja calidad e ingreso (Valencia et al., 2018). Una de las alternativas, es el uso de nanofertilizantes los cuales son una opción potencial para mejorar la absorción de las plantas de nutrientes y para el ambiente (Salama et al., 2018). En los años recientes, estudios han reportado diversos beneficios, la positiva producción de cultivos y calidad de alimentos por el uso de nanopartículas de óxido de Zn (NPs ZnO) (Wang et al., 2018; Yusefi-Tanha et al., 2020). Munir et al., (2018) ha demostrado que la aplicación de NPs de ZnO incrementa las características de desarrollo, fotosíntesis y biomasa del trigo. Además, la aplicación foliar (AP) de NPs ZnO ha incrementado significativamente la concentración de Zn en los tejidos de la planta de girasol (Torabian et al., 2015).

La aplicación foliar mejora la disponibilidad de los nutrientes en las plantas, en consecuencia, incrementa el rendimiento y calidad del cultivo (Davaranpanah et al., 2016). Por otro lado, entre los cultivos con más potencial económico en México incrementando significativamente llegando a ser el 10% del total de producción en invernaderos es el pepino (*Cucumis sativus* L.) (Preciado-Rangel et al., 2019). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de NPs ZnO en el cultivo de pepino.

### Materiales y Métodos

La ubicación del experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN).

Se emplearon semillas de pepino de la variedad Poinsett 76 (Southern Start Seeds). El experimento fue establecido por siembra directa en bolsas negras de polietileno con capacidad de 10 L, el sustrato utilizado fue arena y perlita en relación 9:1. El cultivo se guió a un solo tallo, el riego y la nutrición fue con la solución nutritiva (SN) Steiner (1961). La conductividad eléctrica fue de 2 dS m<sup>-1</sup> y un pH de 5.5. El riego con la SN se aplicó en la etapa de germinación 250 mL por día durante dos semanas. Después, dos litros durante el día por planta durante los siguientes 3 meses.

El diseño experimental fue bloques completamente al azar compuesto de tres tratamientos y un control. Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de NPs ZnO (0, 25,50 y 75 ppm) cada uno con seis repeticiones. Los tratamientos se aplicaron cada 15 días después de las primeras hojas verdaderas. Las variables de respuesta evaluadas fueron rendimiento, longitud del fruto, firmeza del fruto y sólido solubles totales.

*Rendimiento.* Se determinó con el peso de cada uno de los frutos en una báscula digital de cada planta, posteriormente se una suma total de los frutos de cada planta para sacar la cantidad en kg por repetición y tratamiento.

*Longitud del fruto.* Se midió utilizando una cinta métrica tomando como primer punto la base culminando en el ápice del fruto de pepino, esto se hizo con cada fruto y cada tratamiento al cosechar, y el resultado fue registrado en centímetros (cm).

*Firmeza del fruto.* La firmeza del fruto se determinó con un penetrómetro de la marca Extech penetrometer (FHT200) con una puntilla de 8 mm de diámetro, quitando la cutícula. Los resultados fueron expresados en unidades de Newton (N).

*Sólidos solubles totales (TSS).* Los TSS fueron obtenidos con un refractómetro portátil marca ATAGO calibrado en el cual se agregó una gota de la muestra compuesta (se trituraron 5 frutos por repetición, por tratamiento) y se tomó la lectura correspondiente para verificar la cantidad de sólidos solubles totales en fruto.

*Análisis estadístico* Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de medias LSD de Fisher ( $P \leq 0.05$ ) con el Software estadístico SAS (Statistics Analysys System) ® versión 9.4.

## **Resultados y Discusión**

Los resultados han demostrado que en la altura (Cuadro 1) hay diferencia significativa entre tratamientos, todos superiores al control, al mismo tiempo, se observó que las concentraciones menores fueron las que tuvieron un mayor crecimiento. Respecto al rendimiento, este se incrementó con la aplicación de 25 ppm siendo estadísticamente superior al control. Este efecto podría ser por la eficiencia de las nanopartículas en facilitar la absorción debido a su tamaño (Kandpal et al., 2014).

Este resultado es similar al reportado por Salama et al. (2018), quienes han reportado el mejoramiento del crecimiento, rendimiento y calidad en frijol con la concentración de 30 ppm NPs ZnO. Mientras que, Mahajan et al., (2011) reporta que las NPs de Zn con la concentración de 20 ppm tiene el mayor efecto positivo en el rendimiento en garbanzo.

Cuadro 1. Valor promedio de las variables evaluadas en la planta y fruto de pepino, con la aplicación de diferentes concentraciones de NPs ZnO.

NPs ZnO ppm	Altura de planta cm	Rendimiento kg	Longitud del fruto cm	Firmeza N	TSS °Brix
0	54.053d	1.4500b	13.720b	0.13c	3.33c
25	146.270a	2.4300a	16.670a	0.40a	4.00b
50	105.693b	2.0833ab	18.223a	0.36a	5.00a
75	83.233c	2.0767ab	17.730a	0.26b	2.91d

\*Valores con letras iguales en cada columna son estadísticamente similares ( $p \leq 0.05$ ), prueba LSD.

En relación a la calidad comercial del fruto, este fue afectado positivamente por la aplicación foliar de NPs ZnO (Cuadro 1), obteniendo el mayor tamaño de fruto con las aplicaciones de 25 y 50 ppm. Este resultado, podría ser la asimilación de las NPs podría atraer mayor agua a los frutos (Valencia et al., 2018). La aplicación foliar es similar a algunos valores, se ha reportado de 20 a 25 cm no inferior a 15 cm (Kanwar et al., 2019). También, la firmeza y sólidos solubles totales fueron afectados por la aspersión foliar (cuadro 1), existiendo diferencia significativa entre tratamientos, obteniendo la mayor firmeza con 25 y 50 ppm, mientras que los resultados menores con la concentración de 75 ppm, podría ser efecto de toxicidad (Zia-ur-Rehman et al., 2018).

## Conclusiones

La aplicación vía foliar de NPs ZnO mejora el rendimiento y la calidad de los frutos de pepino. Las dosis de 25 y 50 ppm mejoraron el rendimiento, firmeza, sólidos solubles totales, así como la longitud del fruto. Las NPs ZnO han demostrado tener un importante rol como nanofertilizante para el cultivo de pepino.

## Literatura Citada

- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., Khorasani, R., 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Sci. Hortic.* 210, 57-64.
- Kandpal, N.D., Sah, N., Loshali, R., Joshi, R., Prasad, J., 2014. Co-precipitation method of synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles. *J. Sci. Ind. Res.* 73, 87-90
- Kanwar, M.K., Sun, S., Chu, X., Zhou, J., 2019. Impacts of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Plant Growth and Productivity. In: *Nanomaterials and Plant Potential*. Husen, A., Iqbal, M., (Eds). Springer, Cham. pp. 379-392
- Preciado-Rangel, P., Reyes-Pérez, J. J., Ramírez-Rodríguez, S. C., Salas-Pérez, L., Fortis-Hernández, M., Murillo-Amador, B., & Troyo-Diéguez, E. (2019). Foliar aspersion of salicylic acid improves phenolic and flavonoid compounds, and also the fruit yield in cucumber (*Cucumis sativus* L). *Plants*, 8(2), 1-8. <https://doi.org/10.3390/plants8020044>
- Mahajan, P., Dhoke, S., Khanna, A., (2011). Effect of nano-ZnO particle suspension on growth of mung (*Vigna radiata*) and gram (*Cicer arietinum*) seedlings using plant agar method. *J.Nanotech.* <https://doi.org/10.1155/2011/696535>.
- Salama, D. M., Osman, S. A., Abd El-Aziz, M. E., Abd Elwahed, M. S. A., & Shaaban, E. A. (2019). Effect of zinc oxide nanoparticles on the growth, genomic DNA, production and the quality of common dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18(March), 101083. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101083>
- Valencia, R. T., Acosta, L. S., Hernández, M. F., Rangel, P. P., Robles, M. Á. G., Cruz, R. del C. A., & Vázquez, C. V. (2018). Effect of seaweed aqueous extracts and compost on vegetative growth, yield, and nutraceutical quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit. *Agronomy*, 8(11), 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110264>
- Wang, X. P., Li, Q. Q., Pei, Z. M., & Wang, S. C. (2018). Effects of zinc oxide nanoparticles on the growth, photosynthetic traits, and antioxidative enzymes in tomato plants. *Biologia Plantarum*, 62(4), 801-808. <https://doi.org/10.1007/s10535-018-0813-4>
- Yusefi-Tanha, E., Fallah, S., Rostamnejadi, A., & Pokhrel, L. R. (2020). Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) as a novel nanofertilizer: Influence on seed yield and antioxidant defense system in soil grown soybean (*Glycine max* cv. Kowsar). *Science of the Total Environment*, 738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140240>
- Zhang, T., Sun, H., Lv, Z., Cui, L., Mao, H., & Kopittke, P. M. (2018). Using Synchrotron-Based Approaches to Examine the Foliar Application of ZnSO<sub>4</sub> and ZnO Nanoparticles for Field-Grown Winter Wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(11), 2572-2579. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04153>
- Zia-ur-Rehman, M., Naeem, A., Khalid, H., Rizwan, M., Ali, Sh, Azhar, M., 2018. Responses of plants to iron oxide nanoparticles. In: *Tripathi, D.K., Ahmad, P., Sharma, Sh, Chauhan, D., Dubey, N.K. (Eds.), Nanomaterials in Plants, Algae, and Microorganism*. pp. 221-238

## VALIDACIÓN DEL EFECTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE GLOMALINA EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ

Martínez-Gamiño, M. A.<sup>1\*</sup>, Nava-Reyna<sup>2</sup>, E., Santellanez-Arreola, K<sup>3</sup>, Constante-García, V<sup>2</sup>, Arreola-Ávila, J<sup>3</sup>, Trejo-Calzada, R<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP, CIRNE-Campo Experimental San Luis. Carretera San Luis Potosí-Matehuala km14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, 78431, San Luis Potosí. <sup>2</sup>INIFAP, CENID-RASPA. Margen Derecho Canal del Sacramento km 6.5, Zona Industrial 4ª Etapa, C.P: 35140, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas. Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez, Bermejillo, C.P. 35230 km 40, Dgo. \*Autor de correspondencia: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx

### Introducción

La mecanización del campo es un gran logro tecnológico de la humanidad, pues aligeró los trabajos en la producción de alimentos. Sin embargo, las labores más comunes de preparación del suelo, barbecho más rastra, fueron aceptadas y difundidas sin una evaluación científica en cuanto a su efecto en la calidad del suelo y el desarrollo de los cultivos (Delgado *et al.*, 2011). La posibilidad de trabajar grandes extensiones opacó los efectos negativos que desde un inicio se presentaron en el suelo al destruir su estructura y, dejarlo sin protección vegetal por largos períodos expuesto a la acción erosiva del viento y de las lluvias. El problema de erosión eólica, o “dust bowl”, registrado durante la década de los años 1930’s en la Gran Planicie en los Estados Unidos, es un ejemplo del problema generado al laborear los suelos. Las grandes extensiones de pastizales fueron barbechadas para ser incorporadas a la agricultura. Al invertir el perfil del suelo, se destruyó la cubierta vegetal que lo protegía, así como su estructura, exponiendo la capa arable a la superficie del suelo. Ante este problema se generaron dos corrientes en la producción agrícola, una que adoptó sin reservas el uso de implementos agrícolas y que desembocó en la revolución verde y la otra corriente, fue la que procuró una agricultura que no disturbaba por completo el suelo, dejar residuos de cosecha y realizar rotaciones de cultivos y que se conoce como agricultura de conservación (Giller *et al.*, 2015). En México, el modelo que más se popularizó fue el primero, al grado de aceptarse sin evidencias experimentales, la preparación del suelo con barbecho más rastra en todos los climas, tipos de suelo y condición de humedad. Los productores y técnicos mexicanos hemos sido educados en base a este modelo de producción agrícola, de tal forma que cualquier método alternativo y diferente al barbecho más rastra, resulta difícil de ser aceptado, aun cuando en la actualidad se cuenta con información científica de los beneficios de la agricultura de conservación (Martínez-Gamiño *et al.*, 2014). En 2020 se generó la tecnología “Contenido de glomalina como bioindicador del efecto de la agricultura de conservación sobre la calidad del suelo”, en donde la agricultura de conservación incrementó en un 34% la glomalina total con respecto al barbecho más rastra. Al incrementarse la glomalina, se mejora la estructura del suelo y se facilita un mejor desarrollo de la raíz del cultivo. El objetivo del presente estudio fue validar en parcela de productor cooperante en Villa de Reyes, S. L. P., el efecto de la agricultura de conservación sobre el contenido de glomalina en el Altiplano de San Luis Potosí.

## Materiales y Métodos

Se seleccionó una parcela con manejo acumulado de agricultura de conservación en el ejido El Rosario en Villa de Reyes, S.L.P. Durante el ciclo primavera verano de 2021 se estableció el cultivo de maíz de riego de acuerdo al paquete tecnológico desarrollado por el INIFAP para producir maíz de riego con agricultura de conservación. Durante el ciclo primavera verano 2021 se estableció el cultivo de maíz de riego en dos tratamientos: 1) Aplicación del paquete tecnológico desarrollado por el INIFAP para producir maíz de riego con agricultura de conservación y 2) Prácticas tradicionales del productor con preparación del suelo con barbecho más rastra. Al llegar el cultivo a floración se tomaron cinco muestras de suelo al azar en la profundidad de 0-10 cm en cada tratamiento. Se determinó el contenido de glomalina fácilmente extraíble (GFE), glomalina difícilmente extraíble (GDE) y glomalina total (GT) con el método propuesto por Wright y Upadhyaya (1988) y las proteínas del suelo relacionadas con glomalina (PSRG). La cuantificación de proteínas del suelo relacionadas con glomalina (PSRG) se realizó por el método de Bradford (1975). Los resultados se analizaron con la prueba One.Way ANOVA para muestras independientes al 95% de confianza con el programa IBM SPSS Statistics 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## Resultados y Discusión

Los resultados del contenido de glomalina total (GT), glomalina fácilmente extraíble (GFE) y glomalina difícilmente extraíble (GDE) se encuentran en la Figura 1. El tipo de labranza del suelo afectó significativamente la concentración de glomalina total ( $t = 4.721$ , g.l.= 38,  $P = 0.000$ ). La agricultura de conservación permitió una mayor acumulación de GT en el suelo ( $1.31 \text{ g g}^{-1}$  de suelo  $\pm 0.092$ ) en comparación con las prácticas tradicionales del productor (B+R) ( $1.16 \text{ g g}^{-1}$  suelo  $\pm 0.110$ ). En cuanto a la GFE, se presentó diferencia significativa entre los tratamientos ( $U = 7.5$ ;  $P = 0.000$ ). Las prácticas de agricultura de conservación permitieron una mayor acumulación de GFE ( $0.088 \text{ g g}^{-1}$  suelo  $\pm 0.028$ ) en comparación con el tratamiento de B+R ( $0.040 \text{ g g}^{-1}$  suelo  $\pm 0.014$ ).

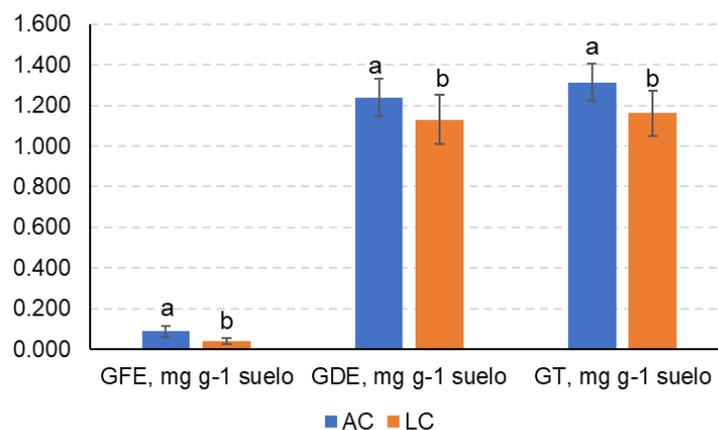


Figura 1. Contenido de glomalina fácilmente extraíble (GFE), glomalina difícilmente extraíble (GDE) y glomalina total (GT) en los tratamientos de agricultura de conservación (AC) y barbecho más rastra (B+R) en Villa de Reyes, San Luis Potosí.

De manera similar, la GDE también fue afectada por los distintos métodos de labranza ( $t = 2.736$ ;  $g.l. = 28$ ;  $P = 0.011$ ), siendo la agricultura de conservación ( $1.24 \text{ g g}^{-1} \text{ suelo} \pm 0.09$ ) la que mayor cantidad de GFE acumuló, a diferencia del B+R ( $1.13 \text{ g g}^{-1} \text{ suelo} \pm 0.12$ ).

Mientras que al barbechar el suelo y extraer toda la biomasa cada año con las prácticas tradicionales del productor, el contenido de materia orgánica en el suelo se reduce y no se tiene la materia prima para favorecer el desarrollo de hongos micorrízicos y por consiguiente de la glomalina, favoreciendo la degradación de la fertilidad y calidad del suelo.

## Conclusiones

El incremento de la glomalina con agricultura de conservación es el resultado del incremento en la materia orgánica del suelo evaluado a través de los hongos micorrízicos, mientras que las prácticas tradicionales del productor al destruir la estructura del suelo y la poca incorporación de materia orgánica deterioran la calidad del suelo y en este caso la glomalina.

## Literatura Citada

- Bradford, M. (1975). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Crop Journal*, 5(5), 407-415. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.04.003>
- 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., Jasso Ch. C., Osuna C. E., Reyes M. L., Huerta D. J. y Figueroa S. B. 2014. Efecto del fertirriego y labranza de conservación en propiedades del suelo y el rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 5 (6) 16.
- Wright, S. F. , & Upadhyaya, A. (1998). A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi Author ( s ): S . F . Wright and A . Upadhyaya Published by : Springer Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/24122646> survey of s. *Plant and Soil*, 198(1998), 97-107. <https://doi.org/10.2307/24122646>

## **POTENCIAL HIPOGLUCEMIANTE DE PASTAS ELABORADAS CON FÉCULA DE TRIGO Y HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL NEGRO**

Mayra Denise Herrera<sup>1\*</sup>, Meghan Monserrat Aguilar<sup>1,2</sup>, Raquel Karina Cruz Bravo<sup>1</sup>,  
Claudia Araceli Estrada Reyes<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 Politécnica de Zacatecas, Plan de Pardillo Sn, Parque Industrial, Fresnillo, Zacatecas, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Campus Siglo XXI, Carretera Villanueva-Zacatecas, La Escondida, Zacatecas, México. \*Autor de Correspondencia: mayradherrera@gmail.com

### **Introducción**

La diabetes es una enfermedad que se presenta cuando el nivel de glucosa en la sangre es demasiado alto, deriva cuando existe una anomalía en la producción de insulina, hormona que produce el páncreas, provocando que la glucosa se quede en la sangre y no llega a las células. En México, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la población aproximada de personas enfermas asciende entre 6.5 y 10.6 millones, de edad de 20 a 79 años (OMS, 2012). Las estrategias de tratamiento para la diabetes se dividen en dos: las farmacológicas, como los medicamentos orales e insulina, sin embargo, pueden causar malestar físico además de que generan un costo adicional al gasto diario; y las estrategias no farmacológicas, como el ejercicio y dieta. 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 (Flores et al., 2005). 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). México es a la fecha uno de los grandes productores de frijol en el mundo; por lo cual es un alimento barato en el país además de ser considerado saludable y funcional con buen valor nutritivo (Pérez-Ramírez et al., 2018). 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 nutracéutico 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 el potencial antidiabético de pasta elaborada con fécula de trigo adicionada con harina de cotiledón de frijol en un modelo animal.

## Materiales y Métodos

Para evaluar la capacidad antidiabética de pastas tipo espaguetis 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 (Tabla 1); cada grupo conformado por 10 individuos, 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.

Tabla 1. Grupos de experimentación con ratas inducidas con diabetes tipo 2.

Condición de los animales	Tipo de pasta adicionada a dieta	Tratamiento con metformina	Grupo
Sano (n=10)	-	-	Control negativo
Diabético (n=10)	-	-	Control positivo
Diabético (n=10)	-	X	Diabético + metformina
Diabético (n=10)	Pasta de trigo	-	Diabético + trigo
Diabético (n=10)	Pasta de frijol	-	Diabético + frijol
Diabético (n=10)	Pasta de frijol	X	Diabético + frijol + metformina

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. Después del sacrificio de los animales, se llevó a cabo el registro en los niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos. Una vez pasado el periodo de experimentación con animales experimentales, estos fueron sacrificados según lo señalado en las NOM-033-ZOO-1995, NOM-051-ZOO-1995, la NOM-056-SSA1-1993 y la NOM -087 -ECOL -SSA1 -2002 sobre el manejo de RPBI. Las muestras tomadas de suero se almacenaron a -70°C en un ultracongelador en el INIFAP Zacatecas hasta su uso. Se determinó glucosa sérica, y se obtuvo el perfil lipídico (colesterol, triglicéridos, HDL, LDL y VLDL). Las determinaciones se realizaron empleando kits enzimáticos de laboratorios RANDOX, Reino Unido.

## Resultados y Discusiones

Al final del tratamiento con frijol se observó diferencia significativa entre los controles sano y diabético. El consumo prolongado de la dieta alta en grasa (control diabético) llevó a un incremento del 417.5% en la concentración de glucosa respecto al control sano (Figura 1). Es importante mencionar que el control diabético fue superior en cuanto a la concentración de glucosa al realizar la comparación con los diferentes grupos de tratamiento.

Los grupos de animales experimentales que recibieron una dieta alta en grasa suplementada con pasta elaborada con harina de frijol tuvieron niveles de glucosa más cercanos a los reportados para el control sano; en el grupo diabético +frijol+ metformina la diferencia respecto al control sano fue de 20.12%, mientras que en el caso del grupo diabético +frijol los valores de glucosa fueron los más cercanos con tan solo un 1.63% de diferencia respecto al control sano. Esto seguramente tiene que ver con la ingesta de frijol que presentaron ambos grupos en vida, ya que, según Pérez-Ramírez et. Al. (2018) el frijol tiene un índice glucémico pequeño y después de ingerirlo aumenta poco el nivel de glucosa en sangre.

En este sentido es importante destacar que cada tipo de frijol posee diferente contenido de azúcares, siendo el contenido en azúcares mayor en frijoles *P. coccineus* en comparación con *P. vulgaris* (los implementados en este experimento); mientras que estos últimos mostraron mayor contenido de proteína (24.3%) según lo evaluado por Martelo et al., 2019. Un mayor tamaño de grano se asocia con mayor contenido de azúcares totales y menor contenido de proteína.

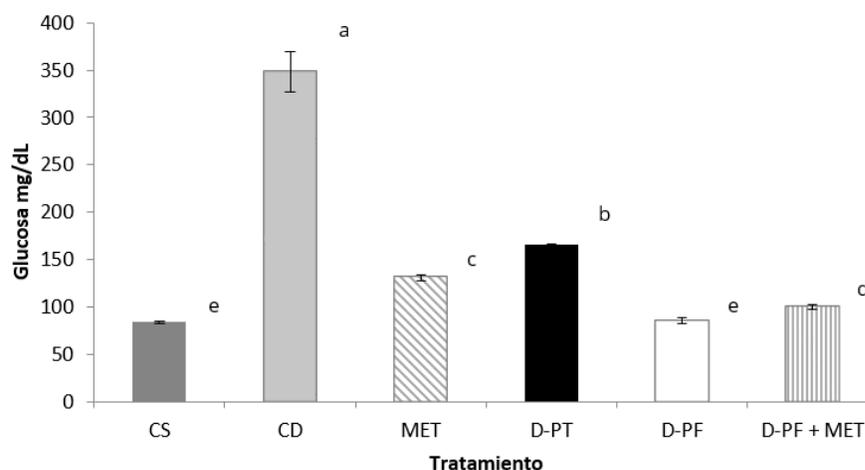


Figura 1. Concentración de glucosa al final del tratamiento con pastas y/o metformina. Los datos se expresan como la media  $\pm$  EE. Letras diferentes entre barras indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la prueba de Tukey

En el grupo metformina se obtuvo un aumento del 57.05% respecto al control sano, la metformina disminuye la producción hepática de glucosa ya que inhibe la gluconeogénesis y la glucogenólisis, eleva la sensibilidad a la insulina en el músculo mejorando la captación de la glucosa periférica y su utilización en el organismo y retrasa la absorción intestinal de la glucosa, por lo cual se considera que es un fármaco eficaz para el control metabólico del diabético (Salazar, 2011); mientras que en el grupo diabético +trigo la diferencia fue de 97.71%, siendo este último el valor obtenido de glucosa más alto después del grupo de control diabético.

## 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.

## Literatura Citada

- Al, S. M., Chávez, T., Martínez, G., Ferreira, E., León O. S. 2004. El Equilibrio Redox en la Diabetes y sus Complicaciones. Acta FarmBonaerense, 23, 231-42.
- 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.
- Luzardo-Ocampo, I., Campos-Vega, R., Cuellar-Núñez, M.L., Vázquez-Landaverde, P.A., Mojica, L., Acosta-Gallegos, J.A., Loarca-Piña, G., (2018). Fermented non-digestible fraction from combined nixtamalized corn (*Zea mays* L.)/cooked common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) chips modulate anti-inflammatory markers on RAW 264.7 macrophages. Food Chemistry, 259, 7-17.
- Flores, S. E., Machorro, M. V., Garcia, A. G., López, M. G., Morán, M. C., Sánchez, J. 2005. Diabetes Mellitus. "Epidemiología molecular en la diabetes mellitus y sus complicaciones. Tercera edición. Edit. MacGraw-Hill. Sección I. Cap. 3. pp. 35-69.
- 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.
- OMS, Organización Mundial de la Salud, 2012. Citado 06 de octubre del 2021. Liga: <http://www.worlddiabetesday.org/es>.
- Pérez-Ramírez, I.F., Becerril-Ocampo, L.J., Reynoso-Camacho, R., Herrera, M.D., Guzmán-Maldonado, S.H., Cruz-Bravo, R. (2018). Cookies elaborated with oat and common bean flours improved serum markers in diabetic rats. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98, 998-1007.

## PRESENCIA DEL GORGOJO DEL AJO EN LÍNEAS AVANZADAS DE AJO EN ZACATECAS, MÉXICO

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

<sup>1</sup> Campo Experimental Pabellón – INIFAP, Km. 32.5 Carr. Aguascalientes – Zacatecas, CP 20670; <sup>2</sup> Campo Experimental Zacatecas – INIFAP, Km. 24.5 Carr. Zacatecas – Fresnillo, CP 98500. \*Autor para correspondencia: velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### Introducción

Una de las hortalizas más importantes en el estado de Zacatecas, México, es el ajo (*Allium sativum* L.) del cual se cultivan cerca de 2000 hectáreas que colocan al estado como el primer productor nacional. La mayor parte de esta superficie es plantada con variedades de ajo del tipo Jaspeado cuyo ciclo de cultivo inicia, generalmente, en octubre y finaliza a mediados de mayo. Durante el proceso de producción el cultivo se ve afectado por diversos organismos dañinos entre los que destacan las enfermedades relacionadas con el suelo como la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) y el nematodo de los bulbos (*Ditylenchus dipsaci* Kühn.) así como el trips (*Thrips tabaci* Lind.) en la parte aérea de las plantas (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

La infección por fitoplasmas (*Candidatus Phytoplasma trifolii*) ha sido asociada a plantas de ajo que presentan síntomas como hojas brillantes, de apariencia cerosa, deformación de hojas y enanismo (Reveles-Torres *et al.*, 2018). Durante marzo de 2021 en una parcela experimental en Morelos, Zac., se detectaron plantas de ajo que mostraban síntomas foliares parecidos a los que ocasiona la pudrición blanca pero no se detectaron el micelio y esclerocios características de esa enfermedad; en los bulbos de las plantas afectadas se encontraron larvas características de coleópteros que recordaban a las del gorgojo del ajo *Epicaeurus operculatus* Say reportado en plantaciones de ajo en Puebla (Montiel *et al.*, 2017) por lo que el objetivo del trabajo consistió en describir la infestación de líneas avanzadas de ajo con el gorgojo del ajo

### Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en un experimento de caracterización agronómica de 10 genotipos de ajo localizado en el Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) y establecida el 15 de noviembre de 2020. Para obtener la incidencia de plantas sintomáticas en cada uno de los 10 genotipos se contó el número de plantas con síntomas en seis parcelas de tres camas cada una; dentro de la cama central de cada parcela se registraron las plantas sintomáticas en 50 plantas consecutivas. La incidencia de plantas sintomáticas se tomó a los 121 y 143 días después de la siembra (dds). El análisis estadístico se realizó mediante un diseño experimental de bloques al azar con 10 tratamientos (genotipos) y seis repeticiones.

Para determinar la posible relación entre el daño aéreo y subterráneo y la presencia de larvas del gorgojo se seleccionaron 20 plantas de la variedad de ajo jaspeado Platero sintomáticas al ataque del gorgojo; en cada planta se registró la severidad del ataque en la parte aérea de acuerdo con la escala arbitraria de daño: 1: daño inicial: menos del 25% del follaje dañado; 3: daño medio: entre 26 y 50% del follaje con daños y 5: daño severo: más del 51% del follaje dañado. Estas plantas se extrajeron junto con el suelo alrededor de la raíz para determinar el número y tamaño de larvas por planta y registrar la intensidad del daño subterráneo según la siguiente escala de daño: daño leve: solamente las raíces dañadas; 3: daño medio: raíces y menos de la mitad del bulbo dañados y 5: daño severo: raíces y más de la mitad del bulbo dañado).

Para determinar la relación entre la plaga y las plantas de ajo con síntomas de “encerado” (asociado con la infección por fitoplasma) se colectaron 25 plantas de ajo de la variedad Platero en cada una de tres categorías de daño: leve (hojas cerosas sólo en el cogollo de la planta, con poco o ninguna reducción de altura); medio: (hojas cerosas y cloróticas en la mayor parte de la planta, con reducción de altura) y severo: (hojas cerosas, cloróticas o muertas en toda la planta con reducción de altura). Las plantas se extrajeron y las raíces y bulbo se examinaron para determinar la presencia de daño (raíces seccionadas y galerías).

## Resultados y Discusión

En las plantas afectadas por la plaga, independientemente del genotipo, las hojas más viejas tomaban una coloración café con una banda de tejido verde de ancho variable mientras que en las hojas más jóvenes se advertía una banda de tejido necrosado o amarillo desde el ápice hasta la base de la hoja (Figura 1). En el bulbo de las plantas afectadas se observaban pocas raíces sanas, algunas de ellas cortadas y otras necrosadas y colapsadas.



Figura 1. Planta de ajo mostrando síntomas foliares de la infestación del gorgojo del ajo.

En el muestreo realizado a los 121 dds, el 45, 35 y 20% de las plantas muestreadas de la variedad Platero mostraban daño aéreo considerado como severo, medio y leve respectivamente. El 60% de las plantas mostraban daño leve (solamente destrucción de raíces) y el 40% restante mostraba daño medio, en menos del 50% del bulbo, usualmente en el área adyacente al plato basal. No se encontraron plantas con bulbos con más del 50% de daño. En todas las plantas muestreadas la severidad en la parte aérea fue igual o superior a la severidad en la raíz o bulbo. La media de severidad de daño en el follaje fue de 3.3 mientras que en la parte subterránea fue de 1.8. Es importante señalar que la mayoría (71.4%) de las plantas con daño severo en el follaje mostraban daño medio en la parte subterránea (raíces y bulbo).

En el suelo adyacente o en el bulbo de 19 de las plantas muestreadas se encontró solamente una larva del curculiónido; solamente en una planta se encontraron dos larvas del insecto. Se debe mencionar que la alta densidad de siembra del ajo en Zacatecas permite que las raíces de plantas vecinas se mezclen por lo que es posible que una larva pueda dañar la raíz de más de una planta antes de penetrar en el bulbo en formación de una planta específica. Hasta 2019 se indicaba la presencia de la plaga en el estado de Puebla solamente (Jones *et al.*, 2019). Las larvas presentaban cuerpo cilíndrico y en forma de C, de color blanco cremoso con la cabeza de color café claro; el rango de longitud de las larvas varió entre 0.9 y 1.5 cm con una media de 1.1 cm, lo cual excede a lo reportado por Montiel *et al.* (2017) (Figura 2).



Figura 2. Larvas del gorgojo del ajo colectadas en raíces de plantas de ajo en Zacatecas, México.

En el muestreo realizado a los 121 dds encontraron plantas con los síntomas aéreos característicos de la plaga en nueve genotipos de ajo (Barretero - 1, Calerense, Ch - 6, ENC - 4, JAM - 12, JASP - 4, PLAT - 8, Sain - 9 y Tigre); solamente en el genotipo Don Fermín no se detectaron plantas dañadas por el insecto. En los genotipos afectados el porcentaje de incidencia de plantas sintomáticas osciló entre 2 y 6% aunque la media de incidencia (2%) del genotipo ENC - 4 fue superior a la de los otros nueve genotipos.

En el muestreo realizado a los 143 dds se encontraron plantas con síntomas provocados por el gorgojo en todos los genotipos; el porcentaje de incidencia de plantas sintomáticas varió entre 1 y 12%, el cual es superior al del muestreo anterior; asimismo la media de incidencia del genotipo ENC 4 (5%) fue superior a la del resto de los genotipos y a la del mismo genotipo en el primer muestreo (2%). El análisis estadístico no reveló diferencias significativas entre las medias de incidencia de plantas sintomáticas de los genotipos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Incidencia de plantas sintomáticas al gorgojo del ajo en 10 genotipos de ajo en dos fechas de muestreo en Morelos, Zacatecas.

Genotipo	Fecha de muestreo (dds)	
	121	143
Barretero	1.7 <sup>x</sup>	2.3
Calerense	0.7	3.0
Ch-6	1.0	1.0
Don Fermín	0.0	1.3
Enc-4	2.0	5.0
JAM-12	1.3	3.7
JASP-4	0.7	1.3
PLAT-8	1.7	1.7
Saín - 9	0.7	1.0
Tigre	1.7	3.0

<sup>x</sup> %

No se encontraron plantas con síntomas aéreos leves de “encerado” dañadas por la plaga; el 4 y 12% de las plantas en las categorías de daño foliar medio y severo de “encerado” mostraban síntomas de ataque (raíces seccionadas y bulbo con galería) del gorgojo. Es necesario incrementar el tamaño de muestra de plantas de ajo con síntomas de “encerado” para confirmar la posible relación entre la mayor severidad del “encerado” y la incidencia de la plaga.

Es interesante señalar que Juárez-Ortiz y Morón-Ríos (2017) señalaron la presencia de *E. operculatus* en plantaciones de árboles de navidad en la región de Las Vigas en el estado de Veracruz, aunque no reportan daño en esos árboles a pesar de que *E. operculatus* resultó la especie de curculionido más abundante; poco se conoce acerca del rango de hospederos de la plaga, por lo que es necesario monitorear otros cultivos, especialmente las parcelas de cebolla en Zacatecas.

## Conclusiones

En la raíz y bulbo de plantas de ajo se encontraron larvas cuyas características generales coinciden con las del gorgojo del ajo *Epicaerus operculatus*.

No se encontró diferencia significativa en la incidencia de plantas sintomáticas al gorgojo del ajo en 10 genotipos de ajo a los 121 y 143 días después de la siembra.

En la mayoría de las plantas dañadas se encontró solamente una larva del gorgojo del ajo. Las plantas de ajo con mayor severidad de síntomas aéreos de “encerado” también mostraban mayor daño por el gorgojo en la raíz y bulbo.

## Literatura Citada

- Jones, R. W., C. Illescas-Riquelme, V. López-Martínez, N. Bautista-Martínez, and C. W. O'Brien. 2019. Emergent and posible invasive pest species of weevils in Mexico. *Florida Entomologist* 102:480-485.
- Juárez-Ortiz, Y. y M.A. Morón-Ríos. 2017. Curculiónidos edafícolas (Coleóptera:Curculionoidea) en una plantación de árboles de navidad en la región de Las Vigas, Veracruz, México. *Entomología Mexicana* 4:695-700.
- Montiel, V. G., N. M. Bautista, R.C.P. Illescas, A.C.J. García, and C.J. Calyecac. 2017. *Epicaerus operculatus* Say; an emerging pest of *Allium* crops in Mexico. *Southwestern Entomologist* 42:769-775.
- Reveles-Hernández, M., R. Velásquez-Valle y A.G. Bravo-Lozano. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas- INIFAP. 272 p.

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE SUELO PARA DETERMINAR IDONEIDAD DE CULTIVO DE HIGO (*Ficus carica* L.)

Karla Janeth Martínez-Macias<sup>1</sup>, Selenne Yuridia Márquez-Guerrero<sup>2</sup>,  
Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>3</sup>, José Ricardo Jiménez-Muñoz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Doctorado en Ciencias Agua-Suelo. <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Torreón. <sup>3</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. <sup>4</sup>Estudiante de Ingeniería Química. \*Autor de correspondencia: kjmm\_93@hotmail.com

### Introducción

La agricultura de precisión, conocida también como agricultura específica por sitio, integra diversas tecnologías de información espacial para optimizar la productividad de un cultivo, una vez que se reconoce, localiza, cuantifica y registra la variabilidad espacial y temporal de cada unidad agrícola, es posible mejorar las decisiones agronómicas de diferentes cultivos para cada sitio específico (Lizarazo y Alfonso, 2011).

La higuera y su fruto comestible, es una de las frutas más antiguas conocidas por el hombre; es originaria de la región mediterránea y su consumo es en fresco, deshidratada y procesada mínimamente (Peraza-Padilla et al., 2013). El higo es apreciado en casi todo el mundo ya que tiene una alta capacidad nutritiva, nutracéutica y antioxidante (Fernández, 2016). El cultivo es tolerante a sequías, soporta niveles altos de sales y se adapta a suelos poco fértiles, ofreciendo ventajas en su producción en regiones áridas y semiáridas de México (CONABIO, 2008; INTAGRI, 2020), tal es el caso de la Comarca Lagunera.

Las bondades y versatilidad del cultivo de higo, se ha introducido como una alternativa frutícola sustentable en las zonas áridas y semiáridas, como es, el caso de La Comarca Lagunera. Sin embargo, no se tiene información actualizada sobre su manejo, tratamiento hídrico como nutrimental y su impacto en la calidad del fruto. Por lo tanto, es de interés generar información técnica que soporte el manejo sustentable del cultivo con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica.

### Materiales y Métodos

El trabajo de campo se realizó en el ejido Los Ángeles, Lerdo, Durango (25°31'2.44" N, -103°34'36" W) en un área de 50x25 m (1 250 m<sup>2</sup>) mientras que el trabajo de laboratorio se realizará en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Torreón (25° 36' 46.52" N, -103° 22' 27.95" W) durante los meses de marzo de 2021 a diciembre de 2023. El clima de la región es un Bw (h') hw (e), que corresponde a un seco desértico cálido con régimen de lluvias en verano y oscilación extrema (Rosales-Serrano et al., 2015) con rangos de temperatura que van desde los 4° hasta más de 30 °C, y precipitación media anual de 250 mm concentrada de junio a septiembre (INEGI, 2017).

Las muestras de suelo fueron colectadas en el "Rancho Kryzlac" en el ejido Los Ángeles (25°31'2.44" N, -103°34'36" W), ubicado en el municipio de Lerdo, Durango. Se hizo un muestreo en zig-zag en cuatro puntos (0-15, 15-30, 30-45 y 45-60), teniendo un total de 4 submuestras de suelo de las diferentes profundidades, cada submuestra fue de aproximadamente 2 kg de peso, para obtener una muestra compuesta, siguiendo las normas NMX-AA-132-SCFI-2016 y NOM-021-SEMARNAT-2000.

## Resultados y Discusión

Como se puede observar en ambos cuadros, las condiciones del área de estudio, son aptas para la producción y correcto desarrollo de la higuera (*Ficus carica* L.), sin embargo, aun falta complementar el análisis con datos espaciales.

Cuadro 1. Parámetros para el correcto desarrollo de la higuera (*Ficus carica* L.)

Parámetro	Rango
Periodo de producción	De 120 a 300 días
Latitud óptima	De 23° 19' a 40° 50'
Altitud óptima	De 900 a 1800 msnm
Temperatura óptima	De 15 a 28 °C
T de maduración	De 32 a 37 °C
T para fotosíntesis	De 25 a 30 °C
T para reactivar procesos	16 °C
Horas frío	De 100 a 300
Saturación para fotosíntesis	40 Klux
Tipo de suelo óptimo	Franco arenosos a franco arcillosos
Conductividad eléctrica	Max 4.20 dS/m
pH óptimo	De 6 a 8
Necesidades hídricas	De 600 a 700 mm anuales
Fertilización	No existe mucha información al respecto
Fertirriego	13 Kg de N Ha <sup>-1</sup> 18 Kg de P Ha <sup>-1</sup> 18 Kg de K Ha <sup>-1</sup>

Cuadro 2. Análisis de suelo del área de estudio

	UNIDADES	0-30	30-60
Da		1.4955	1.439
pH		8.545	7.03
CE	µs/cm	869	486
Color seco		10YR 6-2	10YR 5-3
Color Humedo		7.5YR 3-2	7.5YR 3-2
Textura		FRANCO ARENOSA	
	%Arena	66.28	65.28
	%Limo	23	25
	%Arcilla	10.72	9.22
MO	%	0.9915	2.1088
CO	%	0.5752	1.2232
N total	%	0.07	0.04
N disponible (N, NO <sub>3</sub> )	ppm	12.81	4.07
Fósforo	ppm	426.285	355.891
CIC	meq/100g	21.55	21.85
Saturación	%	39.32	38.13
PMP		13.3	12.1
CC		26.1	23.6

## Conclusiones

La dinámica nutrimental representada por las concentraciones foliares, se asocia a la demanda nutrimental del cultivo en el tiempo. Las concentraciones de macronutrientes N, P y K están dentro de los rangos de suficiencia reportados para higo. Las concentraciones de Ca y Mg, pueden no ser suficientes para este cultivo, aunque la higuera es considerada como una especie marginal, la calidad de fruto y su rendimiento puede estar limitado por estos elementos. La menor variación en las concentraciones de macronutrientes está asociadas a los meses de mayor producción (junio, julio, agosto y septiembre). Las concentraciones de los micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y Ni), están dentro de los rangos de suficiencia reportados por autores citados, aunque son pocas las referencias para este cultivo. Las concentraciones de los micronutrientes muestran mayor variabilidad, en el tiempo.

## Literatura Citada

- Lizarazo-Salcedo, Iván Alberto; Alfonso-Carbajal, Óscar-Alberto. 2011. Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "Elaeis Guineensis" e híbrido O x G. *Revista de Ingeniería*. 33:124-130.
- Nievas, Walter Ernesto; Villarreal, Patricia; Rodríguez, Andrea Betiana; Gómez, Gustavo. 2021. El cultivo de la higuera (*Ficus carica*). Aspectos ambientales y económicos para el Alto Valle del río Negro. Ediciones INTA. ISBN 978-987-8333-71-7. 48p.
- Peraza-Padilla, Walter; Rosales-Flores, Johaner; Esquivel-Hernández, Alejandro; Hilje-Rodríguez, Irena; Molina-Bravo, Ramón; Castillo-Castillo, Pablo. 2013. Identificación morfológica, morfométrica y molecular de *Meloidogyne* incógnita en higuera (*Ficus carica* L.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 24(2): 337-346.

## **RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE DOS VARIEDADES DE ARÁNDANO (*Vaccinium spp.*) EN CONDICIONES PROTEGIDAS**

Manuel Antonio Galindo-Reyes<sup>1\*</sup>, Luis Humberto Maciel Pérez<sup>1</sup>, Arturo Cruz Vázquez<sup>1</sup>,  
Luis Martín Macías Valdez, Erick Baltazar Brenes<sup>1</sup>, René Félix Domínguez López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. Pabellón, Ags. 20,660. <sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad No. 1001. Rincón de Romos, Ags. C.P. 20400. \*Autor de correspondencia: galindo.manuel@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En México, en los últimos años el arándano ha adquirido importancia económica. Al respecto, los principales estados productores de arándano son Jalisco, Colima, Baja California, Michoacán, Sinaloa y Puebla (Siap, 2019). En el estado Aguascalientes, este cultivo se ha introducido recientemente con una buena aceptación por parte de los productores, ya que se ha obtenido buen rendimiento y calidad de fruto aceptable. Por lo tanto, el arándano puede ser un cultivo con buen potencial para Aguascalientes.

El arándano es una especie frutal del género *Vaccinium*, de clima templado y con origen en Norteamérica. Esta planta es un arbusto de altura baja, de hoja simple, ovada a lanceolada y caduca (Muñoz, 2015) y el fruto es una baya esférica de color azul. Este cultivo se desarrolla a temperaturas entre los 7 °C y los 33 °C, con temperaturas óptimas entre los 16°C a los 25°C. También, requiere suelos ácidos, con un pH de entre 4,0-5,0; con textura arenosa y franco arenosa; poco profundos y de baja fertilidad (Ormazábal *et al.*, 2020).

Para poder introducir un cultivo de manera comercial a una región es necesario contar con estudios de fisiología, fenología y datos de rendimiento y calidad de fruto para conocer como se desarrolla y crece la planta; así como disponer de información que permita tomar decisiones sobre el manejo agronómico, costos de producción, entre otros.

En el caso del arándano, en nuestro país se cultiva principalmente la variedad Biloxi; no obstante, en el mercado existen diversas variedades con potencial de rendimiento y calidad de fruto. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo presentar la información sobre la fenología, el rendimiento y la calidad de fruto de dos variedades de arándano cultivadas en hidroponía y en condiciones protegidas.

### **Materiales y Métodos**

La investigación se desarrolló en un área de macrotúneles 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.

Como material vegetal se utilizaron las variedades de arándano Biloxi y Legacy de propagación libres y que se cultivan en otras regiones del país. La variedad Biloxi es una planta de hábito erecto, muy vigorosa y productiva; produce frutos de mediano tamaño, de color azul claro, muy firmes y de excelente sabor; es de producción temprana y madura justo detrás de las variedades O'Neal y Star (González y Morales, 2017). La variedad Legacy es un arbusto de crecimiento vertical, ligeramente abierto y bastante vigoroso; muy productivo, pero algo lento de entrada a producción; y el tamaño del fruto es medio, muy firme, de color azul claro y de un sabor excelente (García y García, S/F).

Se utilizaron plantas que provenían en maceta de un litro de volumen de sustrato, propagas in vitro y con seis meses de edad. La plantación se realizó a una distancia de 2 x 1 metros en túneles comunes de polietileno de 6 x 4 x 50 metros durante mes de octubre del año 2018. Se utilizaron macetas con capacidad de 50 litros, pero únicamente se llenaron con 30 litros con una mezcla de fibra de coco, perlita y turba. En este experimento se evaluaron las variedades de arándano Biloxi y Legacy y las plantas de ambas variedades en estudio se consideraron como dos tratamientos. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño de bloques completos al azar con 12 repeticiones. La unidad experimental consistió en cinco plantas con competencia completa. Por lo tanto, cada tratamiento o variedad constó de 60 plantas de arándano.

El riego y la nutrición de las plantas se hizo mediante sistema hidropónico abierto que constó de un gotero con gasto de cuatro litros por hora y con dos piquetas por planta. El volumen de agua de riego fluctuó entre 0.5 y 4.0 litro por planta por día, esto dependió de la edad de la planta, de las condiciones ambientales y del drenaje. También, se aplicaron dos soluciones nutritivas conforme con sus requerimientos teóricos; una solución para la etapa vegetativa con una conductividad eléctrica de 0.80 dS/m y otra solución para la etapa generativa con una conductividad eléctrica de 1.2 dS/m; y ambas soluciones tenían un pH entre 5.2 y 5.5.

Como variables de respuesta se tomaron días a floración, días a cosecha y días de flor a fruto. También, se consideraron frutos comerciales, frutos no comerciales y frutos totales, producción comercial, producción no comercial y producción total. Finalmente, en el momento de la cosecha se estimó el peso promedio de fruto y se midieron grados brix en el momento de la cosecha. Todos los datos de las variedades se compararon mediante la prueba de t de student en un arreglo de parcelas apareadas, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software, 1999).

## **Resultados y Discusión**

En general se conoce que estas variedades de arándano tienen un menor requerimiento de frío invernal y más tolerancia al calor, ya que requieren entre 200 y 600 unidades frío a temperaturas menores de 7 °C (González y Morales, 2017). Así, variedades de arándano con estos requerimientos de frío relativamente bajos tienen el potencial de crecer y producir fruto en condiciones de clima subtropical y de macrotúnel, sobre todo si se les estimula con reguladores de crecimiento.

El clima y las condiciones de manejo pueden modificar la fenología de las plantas. En esta investigación la fenología del arándano en condiciones protegidas se modificó posiblemente a un estrés por agua ocurrido durante el mes de abril, lo que originó un adelanto en los días a floración y a madurez de por lo menos 15 días en ambas variedades. La variedad Biloxi resultó ser más precoz que la variedad Legacy al presentar menos días a floración y a cosecha (Cuadro 1). En este sentido, Morales *et al.*, (2015) reportan que la variedad Biloxi es más precoz y presenta un periodo de cosecha más amplio en comparación con la variedad Legacy.

Cuadro 1. Días a floración, días a cosecha y días de flor a fruto en arándano.

Variedad	Días a inicio de floración	Días a inicio de cosecha	Días de flor a fruto
Biloxi	79	149	71
Lagaxy	83	155	73

En arándano el rendimiento de fruto depende de diversos factores entre ellos la variedad. En este sentido, en la presente evaluación de variedades ambos genotipos produjeron la misma cantidad ( $P > 0.05$ ) de frutos comerciales, no comerciales y totales por planta, aunque la variedad Biloxi siempre tendió a producir más frutos por planta (Cuadro 2). Al respecto, Morales *et al.* (2015) encontraron en estudio de evaluación de variedades de arándano que la variedad Biloxi produjo mayor rendimiento. Este mayor rendimiento reportado en la variedad Biloxi se puede atribuir a un mayor número de frutos por planta.

Cuadro 2. Frutos acumulados en la variedad Biloxi y en la variedad Legacy.

Variedad	Frutos comerciales por planta	Frutos no comerciales por planta	Frutos totales por planta
Biloxi	612.18	37.87	650.05
Lagaxy	568.90	38.18	607.08
T (Probabilidad)	0.375	0.947	0.395

En la producción comercial, producción no comercial y producción total por planta nuevamente las dos variedades expresaron producción similar ( $P > 0.05$ ). Esto indica que, en estas condiciones de ambiente, ambas variedades manifestaron el mismo potencial de rendimiento de fruto (Cuadros 2 y 3). En contraste, Morales *et al.* (2015) determinaron en una evaluación de cinco variedades que Biloxi produjo significativamente más rendimiento que Legacy. Similarmente, Álvarez *et al.* (2020) señalan que la variedad Biloxi produjo más rendimiento por planta en más de 60% que la variedad Legacy.

Cuadro 3. Producción (gramos) en arándano la variedad Biloxi y Legacy.

Variedad	Producción comercial por planta	Producción no comercial por planta	Producción total por planta
----------	---------------------------------	------------------------------------	-----------------------------

Biloxi	460.40	17.02	477.43
Lagaxy	455.98	13.74	469.72
T (Probabilidad)	0.936	0.176	0.891

---

En cuanto a calidad de fruto, nuevamente ambas variedades presentaron el peso promedio de fruto y sólidos solubles totales muy parecidos ( $P > 0.05$ ). Estos resultados sugieren que las dos variedades en evaluación expresaron el mismo potencial de rendimiento y calidad de fruto (Cuadro 4). Contrariamente, Álvarez *et al.*, (2020) afirman que la variedad de arándano Biloxi produce frutos de mayor tamaño y de menor contenido de azúcar que aquellos frutos producidos por la variedad Legacy.

Cuadro 4. Calidad de fruto de arándano en variedad Biloxi y la variedad Legacy.

Variedad	Peso promedio de fruto (gramos)	Sólidos solubles totales (%)
Biloxi	0.75	13.90
Lagaxy	0.80	14.50
T (Probabilidad)	0.292	0.096

## Conclusiones

La variedad Biloxi presentó un ligero adelanto en floración y cosecha con relación a la variedad Legacy.

Las variedades Biloxi y Legacy mostraron potencial productivo similar, ya que produjeron rendimiento y calidad de fruto muy semejantes en condiciones protegidas e hidroponía.

## Literatura Citada

- Álvarez., R. Y. A., M. Oliva C., R. Collazos S., N. C. Vilca V. y E. Huaman H. 2020. Desempeño agronómico de cuatro variedades de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivadas en diferentes sustratos y pisos altitudinales. *Bioagro* 32:187-194.
- García, R. J. C. y G. García G. S/F. El estudio del arándano en Asturias. Servicio regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (Serida). 31 p.
- González G. A. y C. G. Morales A. 2017. Variedades de arándano. *In: Manual de manejo agronómico del arándano*. C. G. Morales A. (editor). Boletín INIA No 6. Santiago, Chile. pp 11-19.
- Morales, V., E. Morales, L. Ortega, L. y A. Gallardo. 2015. Evaluación de nuevas variedades arándano cultivadas en Xicotepec. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2:221-224.
- Muñoz, R. 2015. As Condições de Trabalho na Nova Produção de Exportação de Frutas: o Caso de Mirtilo na Província Argentina de Entre Rios, 2002-2010, *Trabajo y sociedad*:371-386.
- Ormazábal, Y. M., C. A. Mena, J. C. Cantillana y G. E. Lobos. 2020. Caracterización de predios productores de arándanos (*Vaccinium corymbosum*), según nivel tecnológico. El caso de la región del Maule-Chile. *Información Tecnológica* 31:41-52.
- Siap. 2019. Anuario Estadístico de Producción Agrícola. Producción Agrícola 2017: Arándano. <https://nube.siap.gob.mx/cierreag>

## EFFECTO DEL ACOLCHADO CON PLÁSTICOS DE COLORES EN LA INCIDENCIA DE VIROSIS EN MELÓN EN FECHA TARDÍA EN LA COMARCA LAGUNERA

Yasmin Ileana Chew Madinaveitia<sup>1\*</sup>, Arturo Gaytan Mascorro<sup>2</sup>, José Alfredo Samaniego Gaxiola<sup>1</sup>, David Guadalupe Reta Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 pte. Col. Centro. Matamoros, Coah. C.P. 27440. <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 Carretera Delicias-Rosales. Cd. Delicias, Chih. \*Autor de correspondencia: chew.yazmin@inifap.gob.mx

### Introducción

En la Comarca Lagunera, el melón es la principal hortaliza, y se siembra de enero a agosto. En fechas de siembra tardías, las plagas y enfermedades son un factor que afectan la producción y calidad del fruto. De las enfermedades detectadas, se encuentran las virales transmitidas por afidos o pulgones, reportadas en la región desde 1985. Su incidencia y severidad se ha incrementado con los años y ocasiona pérdidas del 20- 60% o totales en algunas huertas (Chew y Jiménez, 2002; Chew *et al.*, 2017). Una alternativa para su manejo, sería el acolchado con plásticos de colores, por sus propiedades ópticas se asocian a una reducción en el número de insectos, incidencia de enfermedades, e incremento en el rendimiento en sandía (Andino y Motsenbocker, 2004). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del acolchado con plásticos de colores en la incidencia de virosis en melón en fecha tardía.

### Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el INIFAP-Campo Experimental La Laguna, en Matamoros, Coahuila. Los tratamientos fueron los plásticos de colores que se utilizaron como acolchado: negro, naranja, rojo, azul, plata, blanco, verde, y sin acolchado, distribuidos en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El trasplante fue el 13 de septiembre de 2017 con el híbrido Expedition. Variables registradas: *Fluctuación poblacional de pulgones*: Se cuantificaron los pulgones en trampas amarillas con adherente (17.5x10.0 cm). Las trampas se colocaron cada semana por 24 horas. *Incidencia de virosis*: Porcentaje de plantas con síntomas virales (mosaicos, deformaciones, plantas de menor tamaño). El registro fue desde los 11 días después del trasplante (ddt) y hasta inicio de cosecha (63 ddt- 15 noviembre). Se realizó un análisis de varianza, previa transformación de los datos de incidencia a  $\arcseno\sqrt{incidencia}$ . Cuando se detectaron diferencias entre tratamientos, se sometieron a separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

## Resultados y Discusión

*Fluctuación poblacional:* La mayor cantidad de pulgones, se registró a los 16 y 23 ddt, posteriormente hubo un decremento en su población a partir de los 30 ddt, con un ligero incremento a los 37 ddt. Esta fluctuación, está relacionada con el ciclo de cultivo de las huertas de melón. A partir de la segunda quincena de octubre, varias huertas están finalizando la cosecha, migrando los insectos, entre ellos los pulgones, a otros cultivos o a la maleza. La cantidad de pulgones varió entre los plásticos de colores, principalmente en los primeros días, debido a que, en esa etapa, el cultivo aún no cubría por completo el acolchado, por lo que la diferencia en el número de pulgones pudiera deberse a las características ópticas (transmitancia, reflectancia y absorbancia) de los plásticos (Cuadro 1). La alta población de pulgones a los 16 y 23 ddt, se reflejó en la incidencia de virosis registrada a los 26 ddt y 36 ddt; esto por el período de incubación que requieren los virus, antes de que los síntomas sean evidentes en las plantas (Cuadro 2).

Cuadro 1. Fluctuación poblacional de pulgones en trampas amarillas en el cultivo de melón cv Expedition en fecha tardía con acolchado con plásticos de colores en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Días después del trasplante								
	9	16	23	30	37	44	51	58	65
Sin acolchado	0	184	89	6	21	3	1	2	2
Naranja	6	37	39	9	22	2	1	2	3
Negro	3	36	46	7	32	2	1	3	3
Plata	2	33	48	10	20	2	3	3	3
Rojo	3	59	62	5	16	3	2	1	2
Verde	4	69	92	6	20	8	5	1	1
Blanco	5	11	33	3	10	2	1	1	5
Azul	3	46	23	3	10	6	1	1	0

*Incidencia de virosis:* Hubo diferencias estadísticas en la virosis entre los plásticos desde los 36 ddt hasta los 63 ddt; con valores más altos en el tratamiento sin acolchar y en el plástico color verde, que coincide con las altas poblaciones de pulgones al inicio del cultivo, en esos tratamientos. Aunque los pulgones fueron disminuyendo en el ciclo, en algunos tratamientos continuó el incremento en la virosis, probablemente porque la mayoría de los pulgones portaban el virus. Entre los plásticos, destaca el color rojo con la menor incidencia viral; sin embargo, los plásticos de color blanco, azul y naranja, también tuvieron incidencias similares al del color rojo (Cuadro 2). Con estos resultados, se puede determinar que las características ópticas de los plásticos de diferente color, tuvieron influencia en la cantidad de pulgones y en la incidencia de virosis en melón.

Cuadro 2. Incidencia (%) de virosis en melón cv. Expedition en fecha tardía con acolchado con plásticos de colores en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Días después del trasplante								
	11	18	21	26	36	40	48	54	63
Sin acolchado	0.0	0.0	0.0	8.6a†	41.3a	46.0a	46.0a	46.0a	46.0a
Naranja	0.0	0.0	0.0	0.0a	15.3cd	15.3c	24.6b	31.6ab	33.0ab
Negro	0.0	0.0	0.0	0.0a	29.6ab	29.6abc	32.6ab	34.0ab	34.0ab
Plata	0.0	0.0	0.0	1.0a	31.3ab	32.6ab	35.3ab	37.6ab	38.0ab
Rojo	0.0	0.0	0.0	3.6a	27.0bc	29.6abc	30.0ab	30.0b	30.0b
Verde	0.0	0.0	0.0	0.0a	33.3ab	33.3ab	39.6ab	44.6ab	44.6ab
Blanco	0.0	0.0	0.0	2.6a	13.6d	21.3bc	28.0b	30.6ab	30.6ab
Azul	0.0	0.0	0.0	0.0a	26.0cd	29.3bc	30.6ab	31.3ab	31.3ab

†Medias de los tratamientos con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

## Conclusión

El acolchado con plásticos de colores puede considerarse como un componente para el manejo de enfermedades virales en fechas tardías de melón en la Comarca Lagunera.

## Literatura Citada

- Andino, J.R. and 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 y F. Jiménez D. 2002. Enfermedades del melón. Pp. 161-195. *En: El melón: Tecnología de producción y comercialización*. SAGARPA-INIFAP-CELALA. Matamoros, Coah.
- Chew, M.Y.I., A. Gaytan M., y J.A. Samaniego G. 2017. Enfermedades del melón en fechas de siembra tardías en la Comarca Lagunera. INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Desplegable para Productores Núm. 30. Matamoros, Coah.

## **MICROTUNELES Y ACOLCHADOS CON PLÁSTICOS DE COLORES EN MELÓN EN FECHA TARDÍA PARA EXTENDER SU TEMPORADA PRODUCTIVA EN LA COMARCA LAGUNERA**

Arturo Gaytán-Mascorro<sup>1\*</sup>, Yasmín Ileana Chew-Madinaveitia<sup>2</sup>, José de Jesús Espinoza-Arellano<sup>3</sup>, David Guadalupe Reta-Sánchez<sup>4</sup>, José Alfredo Samaniego-Gaxiola<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé. Torreón, Coah. <sup>2</sup>INIFAP- Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdez #1200 pte. Col. Centro. Matamoros, Coah. C.P. 27440. <sup>3</sup>INIFAP- Campo Experimental Delicias. Km 2 Carretera Delicias-Rosales. Cd. Delicias, Chih. <sup>4</sup>Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Torreón. Blvd. Revolución #150 Ote. Torreón, Coah. C.P. 27000. \*Autor para correspondencia: gaytan6310@yahoo.com.mx

### **Introducción**

La Comarca Lagunera es el área de mayor importancia para la producción de melón en México con una superficie promedio de 5,500 hectáreas anuales. En la región se presentan condiciones de altas temperaturas en el verano con valores mayores a 35/20°C día/noche, y bajas temperaturas de noviembre a febrero. El melón se siembra en fecha tardía desde julio y hasta mediados de agosto, y representa el 32% de las siembras que se establecen en el año. En ese periodo, las altas temperaturas, daño por plagas, enfermedades, y manejo de cultivo, se asocian a un periodo de cosecha corto, bajo rendimiento y fruto de baja calidad. Para producir melón en esa época, se requiere gran cantidad de insumos que incrementan los costos de producción, y aunado con los bajos rendimientos, afectan la productividad del cultivo. Una alternativa es producir melón fuera de temporada en fecha tardía; además, la cosecha tiene la posibilidad de venderse a mejor precio.

El acolchado con plástico de colores, combinado con sistemas de protección, tiene beneficios en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de algunos cultivos. Lo anterior por el incremento de temperatura del suelo, control de maleza, conservación de humedad, y reflejo de radiación del plástico que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En estructuras de protección con cubiertas plásticas, la parte visible de la radiación global, y la intensidad de la radiación que pasa al interior, son importantes para la actividad fotosintética y crecimiento de las plantas (López-Marín *et al.*, 2012). Escamirosa-Tinoco *et al.*, (2021), mencionan que con sistemas de protección (microtuneles de plástico), se incrementó la temperatura, pero tuvieron menor RFA, humedad relativa (HR), y déficit de presión de vapor (DPV) con respecto a un sistema sin cubierta para la producción de chile. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de melón al efecto combinado de acolchado con plásticos de colores y microtuneles en fecha tardía en la Comarca Lagunera.

## Materiales y Métodos

El experimento fue realizado en el INIFAP-Campo Experimental La Laguna ubicado en Matamoros, Coahuila en el ciclo verano-otoño de 2017. Los tratamientos fueron acolchados de colores y sistemas con cubierta (microtuneles) y sin cubierta. El diseño experimental fue factorial 2X8 con tres repeticiones. Los niveles del factor A fueron con cubierta, y sin cubierta (polipropileno o agribon de 17 g/m<sup>2</sup>); del factor B fueron los plásticos de colores (sin acolchado, anaranjado, negro, plata, rojo, verde, blanco, azul). El genotipo fue el híbrido Origami. El registro de las variables de clima (temperatura de aire y del suelo, humedad relativa, radiación) fue con sensores HOBO® U12 Temp/RH/Light/ External Data Logger, dentro de los microtuneles a 15 cm por encima de la cubierta vegetal; al igual con los tratamientos sin cubierta. Se registró la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en ambiente externo e interno de los microtuneles con un radiómetro Li-Cor LI-250 Light Meter, y fueron determinados los componentes de las propiedades radiométricas de los plásticos y el polipropileno, utilizado como cubierta en los microtuneles. Adicionalmente, se tomaron datos de días a cierre del cultivo, área foliar específica (AFE) y calidad del fruto (°Brix).

## Resultados y Discusión

*Temperatura:* La Temperatura del aire y del suelo fue mayor con microtunel, que al ambiente libre; a 10 cm de profundidad de suelo fue mayor en todo el ciclo del cultivo con microtunel que sin microtunel, y fue independiente del color del plástico usado para acolchar. Los plásticos de color rojo y azul registraron mayor temperatura, que los plásticos verde y blanco. Las diferencias máximas y mínimas de temperatura de suelo entre plásticos de colores y el plástico de color blanco fueron: rojo=5.4°C, azul=6.5°C, verde=2.9°C. Se han reportado incrementos de temperatura en suelo de 6°C al cultivar melón combinando acolchado y microtuneles (Ibarra *et al*, 2001).

*Radiación:* La radiación en todos los plásticos superó los 600  $\mu\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a partir de las 10:00 h y hasta después de las 16:00 h (6-7 h); de las 12:00 h, a las 16:00 h (4 horas) los valores de radiación superaron los 1,000  $\mu\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Esto indica que la radiación incidente en la Comarca Lagunera para producir melón en fecha tardía no fue un factor limitante. Los plásticos de color oscuro absorben un mayor porcentaje de radiación, que plásticos de colores claros. El plástico de color blanco reflejó entre el 50 y 60% de la radiación incidente. Los valores de transmitancia, reflectancia y absorbancia de los plásticos de cada color, fueron de mayor magnitud sin el uso de cubierta. La cantidad de radiación interceptada al interior de los microtuneles fue suficiente para el crecimiento, desarrollo, y producción (datos no presentados) de melón en fecha tardía. La RFA fue un 24% mayor en ambiente natural que dentro del microtunel; siendo de la misma magnitud el valor de luz reflejada a 15 cm arriba del dosel. Dentro del microtunel la radiación que se transmite a través de la lámina foliar fue un 16% menos, con respecto al ambiente externo.

*Indicadores de crecimiento:* El color del plástico afectó el AFE del melón y el tiempo a cierre de cultivo. La planta de melón tuvo hojas más delgadas con microtúnel y con acolchado de color blanco; cambios en grosor de hoja en melón han sido reportados por otros autores (Ibarra *et al.*, 2001; Gaytán-Mascorro *et al.*, 2014). El cierre de cultivo ocurrió 16 días antes con microtúnel que sin microtúnel. El promedio de días a cierre de cultivo con acolchado más microtúnel fue de 38 días. Con acolchado negro y sin microtúnel el cierre de cultivo fue a los 65 días; diferencias importantes en crecimiento en plantas de melón. El acolchado más microtúnel puede inducir precocidad y mejorar rendimiento en melón; esta tecnología ha demostrado ser rentable para producir melón en la Comarca Lagunera en fechas tempranas (Gaytán-Mascorro *et al.*, 2020).

*Calidad de Fruto:* Se cosecharon frutos con 8.2 a 10.3 °Brix que pueden variar en función del genotipo, del uso del microtúnel, y por color del plástico. El contenido de azúcar fue superior al que se obtiene en melón cosechado en fecha tardía (3-6 °Brix).

## Conclusión

Con un sistema combinado de acolchado con plásticos de colores y microtúneles se pudo producir melón de calidad en fecha tardía. La radiación solar no representó una limitante para el crecimiento, desarrollo y producción de melón fuera de temporada.

## Literatura Citada

- Escamiroso-Tinoco, C., G.A. Martínez-Gutiérrez, I. Morales, T. Aquino-Bolaños, C.I. Cortés-Martínez y O.R. Cruz-Andrés. 2021. Rendimiento de chile de agua bajo diferentes cubiertas de macrotúnel. *Rev. Fitotec. Mex.* 44 (3):333 - 340
- Gaytán-Mascorro A, Y.I. Chew-Madinaveitia, J.J. Espinoza-Arellano, D.G. Reta-Sánchez, J.A. Samaniego G., and H.J. Martínez-Agüero. 2020. Use of micro tunnels to produce cantaloupe melon out of season in the comarca lagunera region, northern Mexico. *Horticult Int J.* 4(4):122–123. DOI: 10.15406/hij.2020.04.00169
- Gaytán-Mascorro A., Y.I. Chew-Madinaveitia, D.G. Reta-Sánchez, J.J. Espinoza-Arellano, y J.G. Martínez-Rodríguez. 2014. Área foliar específica del melón producido fuera de temporada en respuesta al uso combinado de acolchado más microtúnel en la Comarca Lagunera. Pp. 399-406. *En: Vázquez-Navarro J.M. et al., Ed. Memoria XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.*
- Ibarra J. L, J.M. Fernández B., J. Munguía L. 2001. Análisis del crecimiento en melón y pimiento con acolchado y microtúnel. *Rev Fitotec Mex.* 24(1):39-48.
- López- Marin J., A. Gálvez, A. González, C. Egea-Gilabert and J. A. Fernández. 2012. Effect of shade on yield, quality and photosynthesis-related parameters of sweet pepper plants. *Acta Horticulturae* 956:545-552. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.6>

## PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE SIEMBRA DE AVENA CON CHÍCHARO FORRAJERO EN CONDICIONES DE TEMPORAL

Lucio Carrillo Ávila<sup>1</sup>, Ricardo A. Sánchez Gutiérrez<sup>2</sup>, Nadiezhda Y.Z. Ramirez Cabral<sup>2</sup>, Alan Álvarez Holguín<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Campus Tala, Huejuquilla del Alto. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Campana-Madera. Km 33.3 carretera Chihuahua-Ojinaga. \*Autor de correspondencia:rasanchez.gutierrez@gmail.com

### Introducción

Los forrajes como la avena son una fuente de alimentación de buena calidad para la complementación de los rumiantes, sobre todo en épocas de sequía donde la calidad del pastizal no es tan buena. Este cultivo es una alternativa para las siembras tardías cuando ya no se recomienda el establecimiento de maíz y/o frijol. Medina *et al.*, (2001) reportan que en el estado de Zacatecas hay 470 mil has con potencial para cultivar avena bajo condiciones de temporal. Los monocultivos intensivos de avena y la aplicación de fertilizantes inorgánicos se ven cada vez más amenazando el suelo. En la actualidad se ha buscado nuevos métodos de cultivo intercalado de especies que pueden ayudar a controlar la erosión del suelo y/o utilicen el nitrógeno fijado en forma simbiótica en lugar del de las fuentes inorgánicas, sean rentables y más sostenibles para resolver el problema, uno de ellos es sembrar un cereal intercalada con una leguminosa que fijan N como una alternativa para la producción y así reducir los fertilizantes inorgánicos cuando los recursos del suelo son escasos e inestables.

En los últimos años el cultivo de avena se ha vuelto un cultivo recurrente y la superficie sembrada ha aumentado de manera significativa en el estado de Zacatecas, debido a que presenta una de las opciones más rentables para la conversión de la agricultura por la rusticidad del cultivo, corto ciclo de crecimiento y amplio rango de adaptación a las condiciones ambientales, sin embargo su demanda es tan alta que el abasto de forraje es insuficiente por lo que actualmente los estudios se han enfocado en mejorar los atributos agronómicos que permitan elevar la calidad y el rendimiento de la avena. Existen técnicas que incrementan la productividad de avena forrajera, una de ellas es la siembra de avena intercalada con semilla de chícharo forrajero. Las ventajas que se han reportado con el uso de esta mezcla es el incremento de materia seca por hectárea, mejora en la calidad del forraje (Sánchez *et al.*, 2012). El objetivo del presente trabajo es evaluar la producción de forraje verde y seco de avena con chícharo en dos fechas de corte bajo condiciones de temporal en Zacatecas.

## Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en el Campo Experimental Zacatecas, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en las coordenadas geográficas de 102° 39' O y 23° 36' N 2,192 msnm. Km. 24.5 carretera Zacatecas-Fresnillo, Ciudad: Calera de Víctor Rosales, estado de Zacatecas, México. El clima promedio de Calera de Víctor Rosales, los veranos son cortos y caliente, los inviernos son cortos y fríos y está seco y parcialmente nublado todo el año, la temperatura general varía de 2 °C a 28 °C con un promedio anual de 16 °C y rara vez baja a menos de menos 3 o sube más de 31 °C (Medina *et al.*, 2004). El experimento se llevó a cabo en los meses de agosto a diciembre del año 2020. El experimento se sembró a tierra venida bajo un diseño completo al azar con dos repeticiones, la unidad experimental constó de 8.5 m de ancho y 28 m de largo (1,176 m<sup>2</sup>) y la parcela útil fue de 1m<sup>2</sup>, considerando dentro de la parcela. Los tratamientos consistieron en: T1: 100 % de chícharo, T2: 10 % de chícharo, y 90 % de avena, T3: 20 % chícharo y 80 % de avena, T4: 30% y 70% de avena y T5: 100% de avena. No se aplicó ningún fertilizante químico y el control de malezas se hizo manualmente cada vez que era necesario. Las variables medidas fueron: producción de forraje verde (FV) y seco (FS). Las muestras se tomaron el día 63 y 84 después de la fecha de siembra. En cada parcela se estimó la producción de forraje verde, se obtuvo una muestra en un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> que se usó para sacar el peso de forraje verde que fueron lanzados al azar en cada parcela para muestrear todas las plantas que estaban incluidas en esa área todo esto en cada tratamiento y en las dos repeticiones. Posteriormente, se metió las muestras a una estufa a una temperatura de 60 °C durante tres días aproximadamente, hasta llegar a peso constante, luego se pesó nuevamente para tomar los datos de peso seco. El análisis estadístico que se realizó fue mediante unas parcelas divididas, considerando la parcela mayor como el estadio de desarrollo (embuche y espigamiento), y la parcela chica los tratamientos, los procedimientos fueron con PROC MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, 2011).

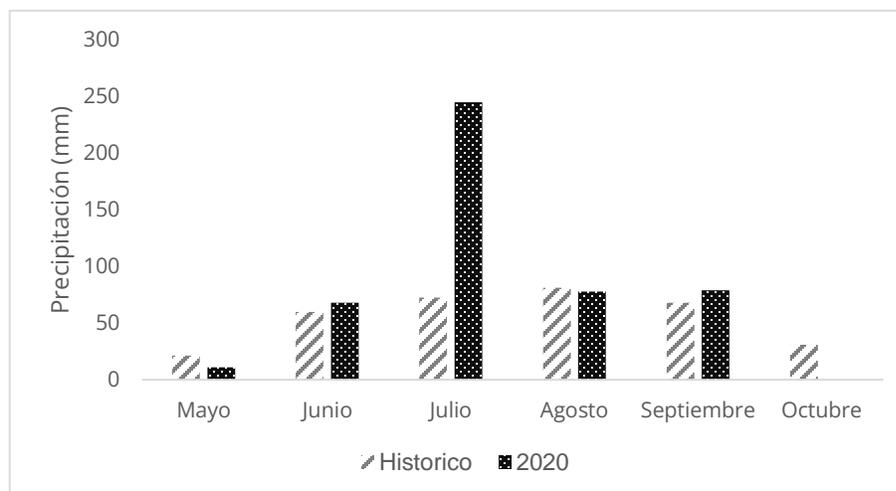


Figura 1. Distribución de la precipitación (mm) durante los días del cultivo del año 2020, registrados en la estación meteorológica ubicada dentro del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.

## Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presenta la producción de forraje verde y seco en dos cortes de los diferentes tratamientos de semilla evaluados en condiciones de temporal del año 2020 en Zacatecas. En la producción de forraje verde no se encontraron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en los días de corte después de la fecha de siembra, los rendimientos oscilaron desde 14.2 hasta 18.7 toneladas por hectárea (ton/ha). El tratamiento de mezclas de semilla que presentó la mayor producción de forraje verde fue el T-4 con 19.63 ton/ha, siendo similar al T-2 ( $P>0.05$ ) pero diferente al resto de los tratamientos ( $P<0.05$ ), incluso a los testigos (T1 y T5). La producción de forraje seco no mostró diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) entre los días de corte, los rangos fueron desde 3.96n hasta 4.8 ton/ha, sin embargo, los tratamientos de mezcla de semilla si reportaron diferencia, el mayor fue el T-4 con 5.9 ton/ha y superó a los demás tratamientos ( $P<0.05$ ). Se recomienda continuar con la evaluación de los tratamientos para observar el comportamiento productivo en diferentes condiciones de humedad. Por otro lado, es conveniente realizar análisis de calidad del forraje para determinar el potencial de cada tratamiento tanto para la producción de carne o leche.

Cuadro 1.- Producción de forraje verde (FV) y seco (FS) de dos cortes después de la fecha de siembra bajo condiciones de temporal 2020 en Zacatecas

Días a corte	FV (ton/ha)	FS (ton/ha)
63	18.7 a	3.96 a
84	14.2 a	4.8 a
Tratamiento (proporción se semilla)		
T-1	13.25 c	3.395 b
T-2	17.86 ab	4.258 b
T-3	14.87 bc	4.529 b
T-4	19.63 a	5.992 a
T-5	16.63 b	3.794 b

T-1= 100% chícharo; T-2=10% de chícharo y 90 % de avena; T-3= 20% chícharo y 80% avena; T-4= 30% chícharo y 70% avena; T-5= 100% avena; ton/ha= Toneladas por hectárea

## Conclusiones

Para las condiciones de temporal del año 2020 se concluye que el tratamiento con el cual se utilizó una mezcla de semilla de 30% de chícharo y 70% avena, superó la producción de forraje verde y seco a la avena en monocultivo, por lo tanto, este tratamiento es una buena alternativa para incrementar el rendimiento de materia seca en los sistemas de producción donde se siembran forrajes para la complementación del ganado durante la época de sequía.

## Literatura Citada

- Medina G.G., Ruiz, A. 2004. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (Periodo 1961-2003). Libro técnico número 3. INIFAP. México. 40 p.
- Sánchez, G.R.A., Areas, Ch. L.E., González, C.F. y Núñez H.G. 2012. El uso de chícharo forrajero en siembra intercalada con avena incrementa el rendimiento de materia seca. Memoria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía. P 338-340
- Medina, G. G., Salinas, G. H., y Rubio, A. F. 2001. Potencial Productivo de Especies Forrajeras en el Estado de Zacatecas. Libro Técnico 1. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC. INIFAP.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc. 2011. User's guide. Version 9.1.3 Cary, NC, USA.

## ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES AGRONÓMICAS Y ESTIMADORES DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN FORRAJE DE MAÍZ

Omar I. Santana<sup>1\*</sup>, Alfonso Peña Ramos<sup>1</sup>, Luis A. Díaz García<sup>1</sup>, Juan I. Sánchez Duarte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP 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

En la región norte y centro de México, el ensilaje de maíz es el principal forraje utilizado en la alimentación del ganado lechero; sin embargo, en los últimos 10 años la media nacional de producción de maíz forrajero ha permanecido relativamente constante (Santana, 2018). Actualmente, los establos lecheros requieren de mayor calidad del ensilaje de maíz para disminuir los costos de alimentación asociados con la inclusión de grano de maíz importado a precios altos (Olmos et al., 2017). La estrategia es incrementar el rendimiento de forraje y cosechar a un mayor % de materia seca (MS) para optimizar el contenido de grano (Ramírez et al., 2020). Ahora bien, el crecimiento de los establos lecheros a expensas de tierras de cultivo ha conducido a que los establos comprendan hasta el 40% de su requerimiento de forraje de maíz (Santana, 2018). Lo anterior ha derivado en que además del volumen, sea considerada la calidad forrajera como factor de ajuste en el precio, pero ello depende de análisis bromatológicos que se usan incipientemente en la práctica. Una alternativa es ajustar el precio al % de MS, ya que ésta se asocia con mejor calidad forrajera, pero algunos ensayos de campo sugieren que podría haber otras variables involucradas en la calidad forrajera. Así pues, nuestra hipótesis fue que hay variables agronómicas asociadas ya sea positiva o negativamente con la calidad forrajera y a su vez con los estimadores de producción de leche. Por lo tanto, el primer objetivo de este trabajo fue explorar la asociación entre variables agronómicas y los estimadores de producción de leche en forraje de maíz, y el segundo objetivo fue obtener modelos de predicción del potencial de producción de leche mediante regresión lineal múltiple.

### Materiales y Métodos

*Base de datos.* Se incluyeron 356 observaciones derivadas de cuatro experimentos de maíz forrajero realizados entre 2019 y 2020. El primer estudio se llevó a cabo en 2019 en San Juan de los Lagos, Jalisco, en donde se incluyó cinco híbridos cosechados entre 21 y 42% de MS; el segundo estudio fue en 2019 en el Campo Experimental Pabellón y se incluyeron nueve híbridos cosechados entre 32 y 38% de MS, el tercer estudio fue en 2020 y se replicó el estudio anterior en la misma localidad; finalmente, el cuarto estudio fue una evaluación de 42 híbridos cosechados entre 33 y 42% de MS.

*Variables utilizadas.* Se incluyeron los estimadores de LEHA y LET obtenidos con el programa Milk-2006 de la Universidad de Wisconsin-Madison; los cuales fueron obtenidos utilizando los análisis bromatológicos de cada observación. Las variables agronómicas utilizadas fueron: rendimiento de forraje verde (RFV) ajustado al 65% de humedad, rendimiento de forraje seco (RFS), porcentaje de MS a la cosecha (PMS), el estado de madurez del grano (RGN) en donde R2 fue a ¼ de línea de leche, R3 fue ½ línea de leche, R4 fue ¾ de línea de leche y R5 fue sin línea de leche, el porcentaje de elote (PEL) en la MS total de la planta, el porcentaje del peso fresco de los elotes cosechados (PFE), el porcentaje de *Fusarium* spp (FUS), la altura de la planta (APL), la altura de la mazorca (AMZ) y calificación de planta (CPL) en una escala de 0 a 90 considerando la sanidad, uniformidad y estructura fenotípica.

*Análisis estadísticos.* Todos los análisis se desarrollaron en el programa R (R Studio Inc., Boston, MA). Se obtuvo una matriz de correlaciones de Pearson con la función *as.matrix* y se calcularon los coeficientes de correlación ( $r^2$ ). Enseguida se realizó análisis de regresión lineal múltiple (MLR) utilizando selección secuencial regresiva con el *Bayesian Information Criterion* (BIC) para generar un modelo con la siguiente estructura:

$$Y = \beta_0 + \beta_n(X_n) + \partial$$

En donde  $Y$  es el estimador de interés (variable dependiente),  $\beta_0$  es el intercepto,  $\beta_n$  es la pendiente de las variables independientes seleccionadas y  $\partial$  es el valor residual. Posteriormente, el modelo se probó para detectar multicolinealidad entre las variables seleccionadas utilizando la función *vif* en R, y en donde aplicó, se reemplazó una a la vez por otra variable y se conservó aquella que produjera el mejor estimador y la menor desviación estándar. Finalmente se obtuvieron histogramas de distribución con el paquete *PerformanceAnalytics* de R entre los estimadores de interés (LEHA y LET) y las variables seleccionadas.

## Resultados y Discusión

*Correlaciones.* En el cuadro 1 se presentan los coeficientes de correlación. En orden de magnitud, la más alta asociación entre LET y variables agronómicas fue una correlación negativa tanto con APL como AMZ (ambas:  $r^2 = -0.68$ ;  $P < 0.01$ ). Similar, FUS se asoció negativamente con LET ( $r^2 = -0.46$ ;  $P < 0.01$ ); en contraste, PFE y PMS se asociaron positivamente con LET ( $r^2 = 0.39$  y  $0.34$ , respectivamente; ambas  $P < 0.01$ ). En tanto que RGN y PEL tuvieron una baja asociación positiva con LET ( $r^2 = 0.19$  y  $0.16$ , respectivamente; ambas  $P < 0.05$ ). Los resultados sugieren que LET es afectada principalmente por un mayor tamaño de la planta, lo cual puede deberse a una más alta proporción de fibra y lignina que diluye el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF; Ramírez et al., 2020). Por otra parte, el impacto de FUS puede asociarse al efecto de menor acumulación de grano una vez que se manifiesta la enfermedad (Peña y Briones, 2020). Por otra parte, la correlación de LET con PFE y PMS se relaciona con el porcentaje de grano, y en consecuencia con la concentración de energía para producción de leche.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre variables agronómicas de maíz forrajero y estimadores de producción de leche (n = 356).

	RFV	RFS	LET	LEHA	PMS	RGN	PEL	FUS	CPL	APL	AMZ
RFS	1.00										
LET	-0.08	-0.08									
LEHA	0.81**	0.81**	0.52**								
PMS	0.55**	0.55**	0.34**	0.67**							
RGN	0.02	0.02	0.19*	0.13	0.23**						
PEL	0.27**	0.27**	0.16*	-0.13	-0.05	0.53**					
FUS	0.06	0.06	-0.46**	-0.22*	0.04	-0.17*	-0.28**				
CPL	0.28**	0.28**	0.04	0.26**	0.06	0.16*	0.21*	-0.40**			
APL	0.38**	0.38**	-0.68**	-0.07	-0.22*	-0.15*	-0.13	0.42**	0.14		
AMZ	0.39**	0.39**	-0.68**	-0.06	-0.19*	-0.16*	-0.16*	0.45**	0.04	0.90**	
PFE	0.10	0.10	0.39**	0.32**	0.60**	0.49**	0.65**	-0.24**	0.25**	-0.30**	-0.31**

Significancia estadística denotada por \*\*  $P < 0.01$ , \*  $0.01 \leq P \leq 0.05$ . RFV = rendimiento de forraje verde (t/ha), RFS = rendimiento de forraje seco (t/ha), LET = kg de leche por tonelada de materia seca (MS) de forraje de maíz, LEHA = producción de leche por hectárea (t/ha), ENL = energía neta de lactancia (Mcal/kg de MS), PMS = porcentaje de MS a la cosecha, RGN = estado de madurez del grano a la cosecha (R2 a R5), PEL = porcentaje de elote en la MS total, FUS = porcentaje de plantas afectadas por *Fusarium* spp., CPL = calificación de la planta, APL = altura de planta (cm), AMZ = altura de la mazorca (cm), PFE = porcentaje del peso fresco de los elotes y el peso fresco total cosechado (%).

En lo que respecta a LEHA, la más alta asociación fue con RFS ( $r^2=0.81$ ;  $P < 0.01$ ), lo cual era esperado dado que ésta variable se utiliza para calcular LEHA en el modelo Milk-2006 (i.e.  $LEHA = RFS \times LET$ ). El PMS a la cosecha se asoció positivamente con LEHA ( $r^2 = 0.67$ ;  $P < 0.01$ ) y en menor grado se correlacionó con PFE y CPL ( $r^2 = 0.32$  y  $0.26$ , respectivamente; ambos  $P < 0.01$ ). En contraste, LEHA se asoció negativamente con FUS ( $r^2 = -0.22$ ;  $P < 0.05$ ). Aunque la mayor parte del valor estimado de LEHA derivó del RFS, hubo otras variables agronómicas que asociadas con LET estuvieron también correlacionados con LEHA.

*Análisis de regresión múltiple.* En el cuadro 2 se presentan los modelos de predicción. Para LET el modelo que tuvo el más alto coeficiente de determinación incluyó RFS, APL, PFE y FUS ( $R^2 = 0.55$ ). El estimador LET en el modelo Milk-2006 deriva estrictamente de variables bromatológicas que requieren ser analizadas en laboratorio. Así pues, es entendible que al utilizar exclusivamente variables agronómicas la predicción del modelo no sea tan alta. Uno de los componentes que más contribuye a LET es el contenido de CNF que están asociados con el porcentaje y madurez del grano a la cosecha, así como la digestibilidad de la fibra detergente neutro. En ese sentido, las variables APL y FUS se asocian ambas negativamente con el CNF y con el porcentaje de grano (Peña y Briones, 2020); lo cual ayuda a explicar que estuvieran en el modelo de predicción para LET. Para LEHA, el modelo que produjo el mejor coeficiente de determinación incluyó RFS, PMS y FUS ( $R^2 = 0.79$ ); sin embargo, se detectó multicolinealidad entre RFS y PMS ( $vif = 1.43$  vs.  $1.46$ , respectivamente). Al explorar otro modelo para predecir LEHA éste incluyó RFS, RGN y FUS ( $R^2 = 0.78$ ), aunque el residual se incrementó 0.5 unidades ( $3.34$  vs.  $3.84$ , respectivamente). El reemplazo de la variable PMS por RGN en el segundo modelo – y que generó un mínimo impacto en el coeficiente de determinación – se debe a que conforme incrementa PMS también lo hace RGN (Ferrareto et al., 2015). No obstante, es sabido que hay híbridos en los que madura el grano mientras la planta permanece con humedad (Kosguy et al., 2013).

El estudio de Ramírez et al. (2020) reportó que uno de los cinco híbridos evaluados acumuló menor PMS que sus contrapartes, pero que el contenido de almidón incrementó de manera similar que otros con alto PMS. En la práctica, el ajuste al precio por % de MS en la venta de forraje en fresco comienza a ser adoptado, pero nuestros hallazgos sugieren que tanto RGN como FUS pudieran contribuir a obtener un factor de ajuste de precio más aproximado a la calidad del forraje.

Cuadro 2. Modelos de predicción de estimadores de producción de leche a partir de variables agronómicas en forraje de maíz.

Estimador	Intercepto $\pm$ DE	Coefficientes	R <sup>2</sup>	Residual
LET	2094 $\pm$ 110	5.52 $\pm$ 1.80 (RFS)**	0.55	106.7
		-3.11 $\pm$ 0.32 (APL)**		
		5.62 $\pm$ 1.92 (PFE)**		
		-4.50 $\pm$ 1.40 (FUS)**		
LEHA <sup>1</sup>	-5.16 $\pm$ 1.66	1.10 $\pm$ 0.06 (RFS)**	0.79	3.34
		0.46 $\pm$ 0.05 (PMS)**		
		-0.35 $\pm$ 0.04 (FUS)**		
LEHA <sup>2</sup>	-1.09 $\pm$ 2.12	1.36 $\pm$ 0.06 (RFS)**	0.78	3.84
		0.75 $\pm$ 0.35 (RGN)*		
		-0.33 $\pm$ 0.04 (FUS)**		

Significancia estadística denotada por \*\*  $P < 0.01$ , \*  $0.01 \leq P \leq 0.05$ . <sup>1</sup>LEHA: modelo en donde se detectó multicolinealidad entre RFS y PMS <sup>2</sup>LEHA: modelo donde se reemplazó PMS por la variable que menos afectó la R<sup>2</sup> y el residual. LET = kg de leche por tonelada de materia seca (MS) de forraje de maíz, LEHA = producción de leche por hectárea (t/ha), RFS = rendimiento de forraje seco (t/ha), PMS = porcentaje de MS a la cosecha, RGN = estado de madurez del grano a la cosecha (R2 a R5), FUS= porcentaje de plantas afectadas por *Fusarium* spp., APL = altura de planta (cm), PFE = porcentaje del peso fresco de los elotes y el peso fresco total cosechado (%).

La distribución de los datos entre las variables seleccionadas en los modelos de predicción para LET y LEHA se presentan en la figura 1. Como se puede notar, las observaciones de RFS vs. LET se muestran sin tendencia y se concentran en un rango de 22 a 33 t/ha y entre 1,100 y 1,400 kg de leche/t. En contraste, la dispersión de las observaciones de APL vs. LET exhiben una tendencia lineal negativa, sugiriendo que el óptimo son plantas de porte medio-alto. Entre RFS vs. APL parece haber una asociación curvilínea, en donde el RFS alcanzó un máximo 35 t/ha cuando la APL se ubicó entre 300 y 320 cm. El FUS exhibió un patrón de dispersión en el que las observaciones con 0% *Fusarium* se distribuyeron uniformemente en la escala de LET. En contraste, la dispersión de observaciones con *Fusarium* pareciera estar ligeramente cargada hacia una menor LET, mientras que lo opuesto fue para FUS vs. APL ya que al parecer plantas más altas exhibieron mayor incidencia de *Fusarium*. La dispersión de las observaciones de PFE no exhibieron una tendencia específica.

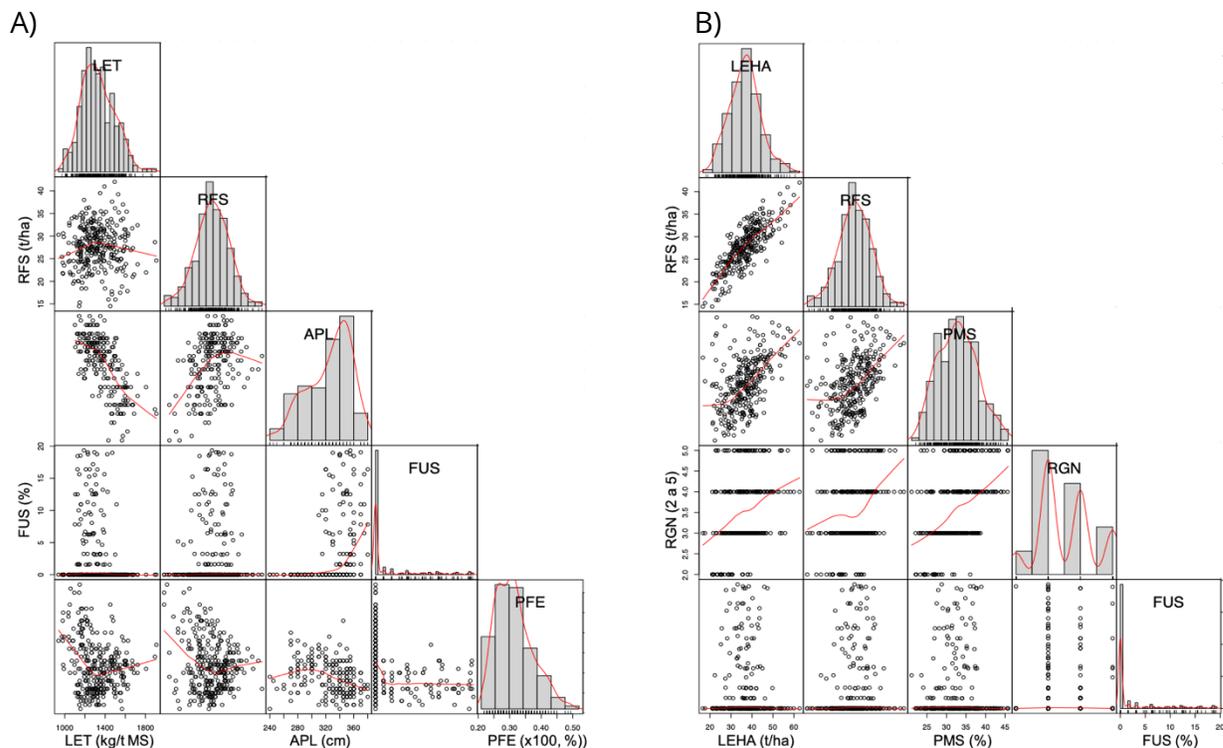


Figura 1. Histogramas de distribución y dispersión bivariada de las observaciones de cada variable seleccionadas en el modelo para LEHA (A) y para LET (B).

La distribución de observaciones en LEHA indica que los datos de éste estimador vs. RFS se dispersaron positiva y linealmente; de manera similar, pero en menor intensidad ocurrió entre PMS vs. LEHA y PMS vs. RFS (Figura 1B). Los datos de RGN se dispersaron en bandas que exhibieron una tendencia lineal al incrementarse LEHA, RFS y PMS conforme la madurez del grano avanzó. Sin embargo, se puede apreciar que el máximo de LEHA vs. RGN se ubicó cuando éste fue R4. Este hallazgo coincide con lo reportado en otros estudios ya en R4 es cuando la planta tiene humedad suficiente para lograr alto rendimiento, la madurez del grano es óptima para obtener buen PMS y PEL, además de que el contenido de CNF permite un alto porcentaje de almidón y de energía de lactancia (Ferrareto et al., 2015; Ramírez et al., 2020).

## Conclusiones

La predicción de estimadores de producción de leche a partir de variables agronómicas fue mejor para LEHA que para LET. Las variables que mejor explicaron ambos estimadores fueron el RFS y FUS, mientras que APL y PFE ayudaron a explicar LET en tanto que PMS o RGN contribuyeron a explicar LEHA. Los hallazgos sugieren que es posible utilizar el modelo de predicción LEHA como una herramienta de factor de ajuste al precio el forraje en adición al % de MS. Las implicaciones prácticas de este estudio es incentivar a que se incremente la productividad y calidad del forraje de maíz de parte de los comercializadores y disminuir la dependencia de grano y forraje en los establos lecheros.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al INIFAP por el financiamiento otorgado al proyecto #SIGI:110534804 "*Optimización de la producción de forrajes e incremento de la eficiencia de alimentación para mitigar el impacto ambiental del ganado lechero en la región norte-centro y Altos de Jalisco*" a partir del cual se pudo obtener la información necesaria para esta publicación.

## Literatura Citada:

- Ferrareto, L. F. and R. D. Shaver. 2015. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 98:2662-2675.
- Kosgey, J. R., D. J. Moot., A. L. Fletcher, 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.
- Olmos, C. J., Ramírez, V. H., Heredia, N. D., and Gómez, R. V., 2017. Retos y oportunidades para los sistemas de producción de leche de la región Altos de Jalisco: Diagnóstico de la región Altos Sur de Jalisco. Centro Universitario de los Altos, México. p 337-346.
- Peña, R. A. y D. Briones-Reyes. 2020. Informe 2019: Evaluación de híbridos de maíz comerciales para forraje en Aguascalientes. INIFAP-CEPAB.
- Ramírez G. D. E., E. Medina-Núñez, L. Loza-Gutiérrez, J. J. Olmos-Colmenero y O. I. Santana. 2020. Estudio exploratorio para optimizar la acumulación de materia seca en forraje de maíz para ensilaje. *AGROFAZ.* 32:878-883. <http://agrofaz.mx/siaxxxiii>
- Santana, O. I. 2018. Impacts of forage source and level in intensive dairy systems: Whole-farm nutrient balance, lactation performance, and feeding behavior. PhD Thesis, Department of Dairy Science. University of Wisconsin-Madison. Madison, WI.
- SIAP. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno Federal México. Fecha de consulta: 13 de Enero 2020. <http://nube.siap.gob.mx/>

## **CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO MÁLICO EN TEJIDO FOTOSINTÉTICO DE NOPAL TUNERO EN CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL**

Valentín Melero-Meraz\*, Jorge A. Zegbe-Domínguez, María Guadalupe Campos-Fajardo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México. \*Autor de correspondencia: melero.valentin@inifap.gob.mx

### **INTRODUCCIÓN**

El nopal (*Opuntia* spp.) es una de las especies que utiliza la vía fotosintética MAC (metabolismo ácido de las crasuláceas). A diferencia de la fotosíntesis  $C_3$  y  $C_4$ , en el metabolismo ácido de las crasuláceas las plantas asimilan  $CO_2$  atmosférico en ácidos de cuatro carbonos a través de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (EC 4.1.1.31). El ácido producto de la reacción se almacena en las vacuolas de las células fotosintéticas, predominantemente de noche. Subsecuentemente durante el siguiente periodo de luz el ácido es descarboxilado y el  $CO_2$  desprendido es fijado en los cloroplastos vía ciclo de Calvin por el ciclo  $C_3$  (Taiz y Zeiger, 2002; Larcher, 2003). Este tipo de metabolismo le permite minimizar la pérdida de agua y eliminar la fotorrespiración la cual, le permite una alta eficiencia en el uso del agua puesto que la separación de las dos carboxilaciones es temporal ya que durante el día cuando la humedad atmosférica es baja mantiene los estomas cerrados y permanecen activos durante la noche.

En el nopal el MAC implica la acumulación de ácidos orgánicos en las vacuolas durante la fase nocturna predominantemente ácido málico, y posteriormente una acumulación de carbohidratos como almidón, glucanos o hexosas solubles durante la fase diurna este proceso también es considerado un ciclo circadiano (Blasius y Lüttge, 1997; Geydan y Melgarejo, 2005). El MAC está ligado a las condiciones del ambiente, y puede ser modificado o perturbado por temperatura, intensidad lumínica, estatus nutricional, humedad atmosférica y edáfica (Dodd et al., 2002). En función de las condiciones de desarrollo de las plantas ocurren cambios a nivel celular y por tanto se reflejan en la morfología y constitución de los tejidos y órganos. Existe evidencia que la disponibilidad de agua altera la estructura comportamiento del aparato fotosintético (Aguilar y Peña, 2006).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica de acumulación de ácido málico en el clorénquima de nopal tunero en condiciones de riego.

**Palabras clave.** *Opuntia ficus-indica*, Clorénquima, Parénquima.

## Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola 2020. Los datos se tomaron durante el mes de mayo en el Campo Experimental Zacatecas, Calera V. R., Zacatecas, México (22°54' N; 102°39' O; 2197 msnm). El clima del sitio es semi-árido, con una precipitación media anual de 416 mm, donde el 75 % de ésta ocurre en los meses de junio a septiembre. La temperatura media anual es de 14.6° C.

Los tratamientos fueron: sin riego y sin riego. El ensayo se condujo en un diseño completamente aleatorio en plantas de nopal tunero de la variedad Cristalina establecidas en un marco de 4x3 m. Se seleccionaron aleatoriamente seis unidades experimentales por tratamiento. En cladodios productivos se tomó una muestra con un sacabocados de un área de 1.075 cm<sup>2</sup>. Las muestras se tomaron durante un periodo de 24 h en intervalos de dos horas. La acidez se determinó con un valorador a punto final (Mettler Toledo T50). El clorénquima de cada lado de la muestra se separó y trituroó agregando agua destilada y enseguida titulada a pH 8.1 con NaOH 0.01 N considerando que el 95% de los ácidos orgánicos que contribuyen a la composición de acidez son neutralizados, es decir; que se ha removido la mayor parte de H<sup>+</sup>.

Los datos se analizaron con un modelo completamente aleatorizado utilizando el procedimiento de modelo lineal general.

## Resultados y Discusión

El trabajo indico que hubo cambios en el tejido fotosintético; en promedio el clorénquima de las plantas irrigadas tuvo mayor peso específico que las plantas que permanecieron en condiciones de temporal (Figura 1A). Las escasas precipitaciones durante los primeros meses del año (Figura 1B) provocan una reducción de la humedad aprovechable del suelo que se refleja en el contenido de agua de los tejidos de las plantas (Taiz y Zeiger, 2010).

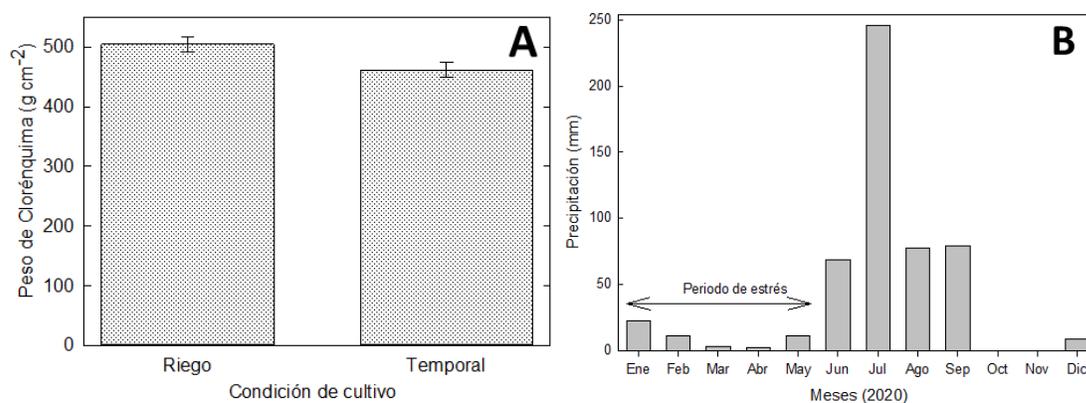


Figura 1. Peso específico del tejido fotosintético de nopal tunero cultivado bajo condiciones de riego y temporal (A). Las barras representan el error estándar; B niveles de precipitación durante el ciclo 2020.

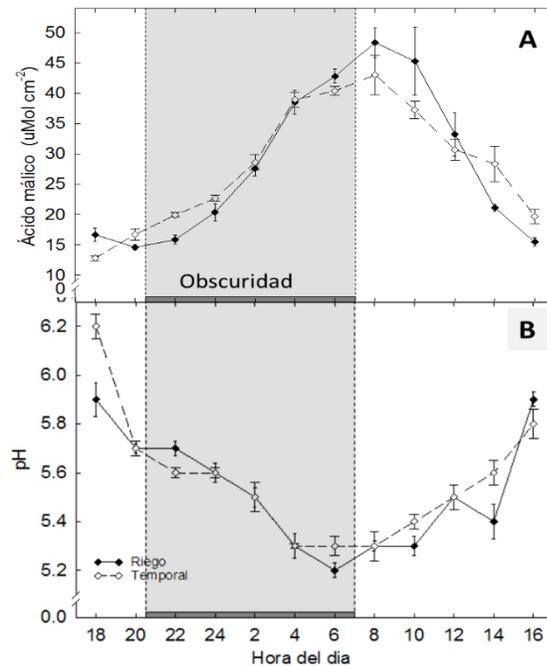


Figura 2. Dinámica de la acumulación de ácido málico (A) y del pH en clorénquima de nopal tunero bajo dos condiciones de disponibilidad hídrica; las barras representan el error estándar.

Esto pone en evidencia el efecto del estrés sobre el desarrollo de tejido parenquimatoso de una planta que es endémica de zonas áridas y semiáridas. La falta de agua podría ser una de las razones por las que el tejido tiene un menor peso específico (Scalisi et al., 2016).

Durante el periodo de toma de recolección de muestras las plantas estuvieron expuestas a un fotoperiodo de 13h. Como era de esperarse la cantidad más alta de ácido málico se encontró poco después del amanecer (Figura 1A) cuando la temperatura aun es baja. Por otro lado, el pH que también es un reflejo directo de la acidez tuvo un comportamiento inversamente proporcional a la cantidad de ácidos orgánicos acumulados durante un periodo de 24 h y los niveles más bajos se registraron poco antes del amanecer (Figura 1B).

En este trabajo se encontraron diferencias en los niveles de acumulación y extinción de ácido málico (Figura 1A) entre los tratamientos. Las plantas que se manejaron bajo condiciones de riego alcanzaron niveles más altos de acumulación de ácido málico por unidad de área. También es evidente que el nopal bajo irrigación consume más rápido el ácido que se acumuló durante el periodo de obscuridad.

Es probable que ante la limitación hídrica en el cultivo de temporal el nopal mantenga un control sobre la asimilación de carbono y reduce la transformación de los ácidos orgánicos a moléculas estructurales o energéticas por si las condiciones climáticas llegaran a ser muy adversas. Bajo condiciones de estrés hídrico severo ciertas especies mostrarían "CAM inútil"; los estomas permanecen cerrados día y noche previniendo la pérdida de agua sobre la asimilación de  $\text{CO}_2$ ; aun así, las plantas continuarían mostrando pequeñas fluctuaciones de ácidos de cuatro carbonos debido al uso del  $\text{CO}_2$  de reserva (Geydan y Melgarejo, 2005).

Las alteraciones fisiológicas relacionadas con las actividades enzimáticas en las plantas MAC, como son el flujo de agua e intercambio gaseoso, están relacionadas con el nivel de estrés que induce el déficit de agua y perturba diversas funciones metabólicas (Acevedo et al., 1983; Dodd et al., 2020; Larcher, 2003; Scalisi et al., 2016).

Otra de las alteraciones que ocurren luego de un período corto de sequía, es el patrón de las fases; sobre todo la fase II y fase IV que son muy sensibles a las condiciones imperantes. De tal manera que la fase II se ve reducida a 1 h; esta fase se refiere a la acidificación rápida que ocurre al amanecer y la fase IV no se presenta por la falta de agua para la continuidad del ciclo de Calvin (Geydan y Melgarejo, 2005; Zañudo-Hernández et al., 2010).

Para sectores amplios de la población de México, el nopal (*Opuntia* spp) es un cultivo de alta importancia socioeconómica porque satisface parte de las necesidades alimentarias, es fuente de ingreso económico y sobre todo prospera en lugares donde la lluvia escasea y no permite el desarrollo de otros cultivos hortícolas (Zegbe y Mena-Covarrubias, 2008). No obstante, su adaptabilidad y resistencia a sequía, los cambios fisiológicos provocados por la falta, exceso o suplementación de agua se han estudiado relativamente poco.

## **Conclusiones**

El peso específico del tejido fotosintético de nopal tunero de la variedad Cristalina fue afectado negativamente por la limitación hídrica.

La dinámica de ácido málico en la variedad Cristalina de nopal tunero sigue un patrón inversamente proporcional a los cambios en el pH. Los niveles más altos de ácido málico se registran poco antes del amanecer en ambos tratamientos, pero en condiciones de riego tiene niveles de extinción más altos; es decir, aunque las plantas irrigadas producen más ácido estas lo convierten en mayor cantidad en moléculas orgánicas.

## **Agradecimientos**

Esta investigación fue apoyada por El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, proyecto de investigación: SIGI: 1.1-1.6-8403134459-A-M.2-1.

## Literatura Citada

- Acevedo E, Badilla I, Nobel PS. 1983. Water relations, diurnal acidity changes, and productivity of a cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiol.* 72(3):775-780.
- Aguilar BG, Peña VCB. 2006. Alteraciones fisiológicas provocadas por sequía en nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Revista Fitotecnia Mexicana.* 29(3):231-237.
- Blasius, B., Beck, F., & Lüttge, U. (1997). A Model for Photosynthetic Oscillations in Crassulacean Acid Metabolism (CAM). *Journal of theoretical biology,* 184(3), 345-351. doi:<http://dx.doi.org/10.1006/jtbi.1996.0287>
- Dodd A, Borland A, Haslam R, Griffiths H, Maxwell K. 2002. Crassulacean Acid Metabolism: Plastic, Fantastic. *J Exp Bot.*; 53:559-580.
- Geydan, T. D., y Melgarejo, L. M. (2005). Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana,* 10, 3-16.
- Geydan, T. D., y Melgarejo, L. M. 2005. Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana,* 10(2), 3-15.
- Larcher, W. 2003. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups.* Springer, Berlín.
- Scalisi A, Morandi B, Inglese P, Lo Bianco R. 2016. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. *Environmental and Experimental Botany.* 122:158-167.
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology: Sinauer Associates, Incorporated.*
- Zañudo-Hernández J, Aranda E, Ramírez-Hernández BC, Pimienta-Barrios E, Castillo-Cruz I, Pimienta-Barrios E. 2010. Ecophysiological responses of *Opuntia* to water stress under various semi-arid environments. *Journal of the Professional Association for Cactus Development.* 12:20-36.
- Zegbe JA, Mena-Covarrubias J. 2008. Retraso de la cosecha en nopal tunero cv. Cristalina. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 14:85-90.

## CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE FRUTOS DE DURAZNERO ABONADO CON DIFERENTES MATERIALES ORGÁNICOS

Valentín Melero-Meraz<sup>1\*</sup>, Jorge A. Zegbe-Domínguez<sup>1</sup>, Alberto Ruiz Lara<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, 98500, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Biología. \*Autor de correspondencia: melero.valentin@inifap.gob.mx

### Introducción

El durazno [*Prunus persica* (L.) Bastch] es la tercera especie frutal de clima templado más cultivada en el mundo. Es uno de los más explotados en México, se produce en 80% de los estados, durante las cuatro estaciones del año. El 70% de la producción se concentra en Chihuahua (34,194), Michoacán (27,936), Puebla (23,017), Zacatecas (21,089) y México (17,391). Esta fruta tiene un alto valor económico y nutricional. Anualmente se cosechan cerca de 180,000 t con un valor de \$1,400 millones (SIAP, 2021). En Zacatecas casi 2,500 familias cultivan 12,000 ha. El durazno que se produce en el Estado goza de un gran prestigio a nivel nacional por los atributos que le confieren su relativa calidad (piel y pulpa de color amarillo, hueso pegado, agradable sabor, dulzor y aroma) es apreciado para consumo en fresco o para proceso. (SIAP-SAGARPA, 2018; Torres, 1982).

El 90 % de los huertos de durazno en Zacatecas se deben básicamente a la riqueza genética que ha proporcionado la selección masal de los mejores criollos para diferentes ambientes. Esta situación ha mitigado en parte los problemas de adaptación; sin embargo, por la naturaleza heterogénea de los genotipos criollos, existen áreas de mejora en el manejo cultural enfocado a obtener fruta de buena calidad. Por ejemplo, se sabe que no todos los criollos responden satisfactoriamente al raleo (Zegbe-Domínguez y Esparsa-Frausto, 2007), se sabe poco de la respuesta de fruta criolla al manejo postcosecha o a condiciones de frigoconservación (Crisosto, 2005) y dinámica de mercadeo (Rumayor et al., 2011). Otra área que se ha explorado poco en Zacatecas es lo relacionado con la nutrición minera y orgánica del árbol tanto en temporal como en riego.

En el estado pocos son los productores que consideran un análisis de suelo para llevar un programa de fertilización; tampoco, consideran, la composición del fertilizante, la etapa fenológica, condición de humedad, la mayoría lo realiza por imitación. En sistemas agrícolas, el suministro de nutrientes en cantidad y en el momento adecuado es un factor determinante para la productividad (Cassanova et al., 2007). De acuerdo con Agusti (2008), la extracción de los nutrientes que más los árboles frutales es de 140 kg·ha<sup>-1</sup> de N, 100-120 kg·ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 60-80 kg·ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O dependiendo del rendimiento meta; pero, no solo estos nutrientes son importantes, también los microelementos; además un componente que rara vez se considera es la micro biota edáfica (Adesemoye et al., 2009).

De manera que existe una alta dependencia del suministro de nutrientes que provienen de síntesis industrial, bajo la necesidad de producir la demanda de alimentos necesaria para el incremento demográfico. Esto ha llevado a un deterioro exponencial de los suelos; puesto que ya no se le devuelve los sólidos perdidos en la erosión, los microorganismos perdidos por el laboreo y es posible que ni los nutrientes extraídos por el cultivo (Hernández-Fuentes et al., 2003).

Es por eso que se buscan alternativas fiables y sostenibles de suplementación de componentes edáficos. En la agricultura ecológica se le da mucha importancia a este tipo de abonos por la habilidad de mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo. Las dosis que se ha aplicado en diversos estudios van desde las 2 a las 160 t·ha<sup>-1</sup> (López-Mtz et al., 2001; Luis et al., 2010). Los fertilizantes orgánicos actúan de la misma manera que los inorgánicos en términos de asimilación, ya que ambos, tienen que ser descompuestos en formas iónicas y unirse a los coloides del suelo y luego ser liberados en la rizosfera para ser asimilados; sin embargo, los nutrientes presentes en abonos orgánicos llevan un proceso más largo y complejo para estar disponibles (López-Mtz et al., 2001).

Además de los problemas de los suelos, actualmente los consumidores están interesados en el origen de los productos frescos que consumen, como fueron cultivados, enfatizando su preocupación en la posible contaminación por agroquímicos. Por esa razón en la actualidad los productos agrícolas orgánicos son de alta preferencia por el consumidor (Luis et al., 2010). A pesar que se han probado muchos de los beneficios en rendimiento, propiedades físico-químicas, aspectos nutricionales, entre otras características de la fertilización orgánica el productor tradicional se resiste a aceptar esta práctica aun cuando tiene la fuente del material, puesto que es usado en grandes cantidades. Esto por la duda de que se reduzca el rendimiento o la calidad de los productos (López-Mtz et al., 2001; Muñoz et al., 2014).

En este trabajo se evaluó la calidad de los frutos de duraznero abonado con diferentes materiales orgánicos.

## **Materiales y Métodos**

En este trabajo se condujo en la comunidad de Maravillas, en el municipio de Noria de Ángeles, Zac. Para ellos se utilizaron arboles de una huerta comercial, con tres años de edad establecidos en un marco de 4 x 2.5 m. Se seleccionaron árboles de apariencia uniforme y sana. Los tratamientos se aplicaron durante el periodo de (feb-mar de 2018) floración y se aleatorizaron cinco tratamientos (Cuadro 1) con cuatro repeticiones tomando un árbol como unidad experimental considerando la fertilización mineral tradicional que realiza el productor como tratamiento testigo.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización orgánica en durazno tipo criollo.

Tratamiento	Material	Dosis
CP 40	Composta	40 t•ha <sup>-1</sup>
Vermi 40	Vermicomposta	40 t•ha <sup>-1</sup>
Est 72	Estiércol fresco	72 t•ha <sup>-1</sup>
Lix 2.25	Lixiviado de vermicomposta	2250 L•ha <sup>-1</sup>
Mineral	Fertilización mineral tradicional	Criterio del productor

Se determinaron diferentes variables de calidad en 10 frutos por cada repetición. El peso se midió con una balanza analítica. La firmeza se evaluó en lados opuestos de la parte media de la fruta, con un penetrómetro equipado con un punzón de 11.1 mm de diámetro (Modelo FT 327, Wagner Instruments, Greenwich, CT, USA). Se tomaron dos alícuotas de jugo y se mezclaron para determinar la concentración de sólidos solubles totales con un refractómetro digital (Modelo PR-32α, Atago, Co. Ltd., Tokyo, Japón) con compensación automática de temperatura. La materia seca del fruto se determinó en una muestra aproximada de 25 g del mesocarpio fresco y se llevó a peso seco constante en estufa con una temperatura de 60 °C. La información fue analizada con un modelo lineal general para datos aleatorios mediante un análisis de varianza y prueba de medias (Tukey) entre los tratamientos con el programa estadístico Minitab v.17 y el editor gráfico Sigma plot v.14.0.

## Resultados y Discusión

El trabajo indico que hubo diferencias en cada una de las variables dependiendo del tipo de abono utilizado. De manera que el tipo de abono afecta la calidad de la fruta de diferente manera. En este ensayo la firmeza de la fruta fresca no fue afectada significativamente por ninguno de los abonos utilizados; es decir son frutos tan firmes como los que se obtienen cuando se fertiliza con minerales sintéticos; pero si se obtienen frutos menos firmes cuando de utiliza composta y lixiviados en comparación a la fruta del abonado solo con estiércol fresco (Figura 1A).

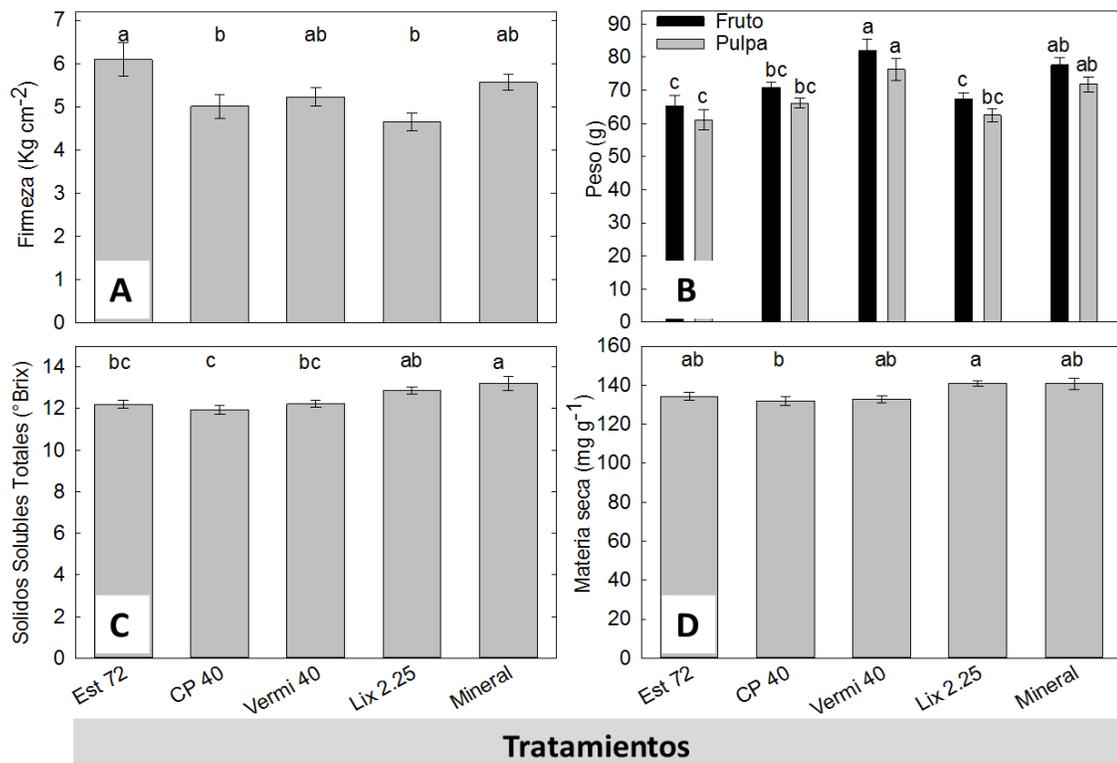


Figura 1. Cambios en frutos de durazno en las variables de firmeza (A), peso del fruto y pulpa (B), sólidos solubles totales (C) y concentración de materia en respuesta a diferentes fuentes orgánicas los tratamientos con diferente letra indican diferencias significativas entre sí (Tukey;  $p = 0.05$ ).

De acuerdo con este trabajo con la composta y el lixiviado de vermicomposta, se puede obtener fruta del mismo tamaño que cuando se utilizan fertilizantes de síntesis industrial (Figura 1B). Luis et al, (2010) indican que un material destinado al abonado orgánico es de mayor utilidad cuando ha sido transformado previo a la aplicación en el cultivo. Se encontró que la vermicomposta promueve un mayor crecimiento de los frutos (82 g) de durazno que el uso de estiércol fresco composta o lixiviados (Figura 1B). De la Cruz-Lázaro et al. (2009) indica que diferentes abonos orgánicos afectan el tamaño de los frutos de tomate y pueden favorecer o afectar negativamente los frutos en función de las dosis o mezclas.

La concentración de sólidos solubles totales fue afectada negativamente por todos los tratamientos excepto por el uso de lixiviados de lombricomposta (Figura 1C). Aunque el sabor no depende exclusivamente de los sólidos solubles si es un buen indicador y para esta variable el uso de composta es contraproducente ya que reduce la acumulación de sólidos en la fruta fresca. De acuerdo con Vázquez et al, (2015) el tomate responde de manera positiva en tamaño y contenido de azúcares cuando se utilizan compostas y lixiviados; sin embargo, en durazno los azúcares son afectados negativamente.

En esta investigación en durazno criollo, el abonado orgánico no afectó significativamente la acumulación de materia seca en los frutos (Figura 1D); sin embargo, si existen diferencias si usan solamente lixiviados o compostas ya que los lixiviados favorecen a fruto como una fuente de moléculas estructurales o de reserva y estos tienden a acumular mayor cantidad de materia seca. Así como ocurre un efecto específico en cada una de las variables es probable que estos efectos también sean específicos para cada especie cultivada. En papa la materia seca se reduce con la aplicación de lombricomposta o derivados de ella (Romero-Lima et al., 2000).

El efecto de los abonos orgánicos depende en gran medida de la concentración y disponibilidad de minerales y otros compuestos nutricionales (Harrison, 2008; Barker y Pilbeam, 2016). La lombricomposta se ha considerado como un abono con múltiples beneficios tanto para el suelo como para los vegetales. El efecto en el vegetal es simultáneo al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas a través del incremento de la actividad microbiana, capacidad de agregación, aireación y retención de agua en el suelo (Doran et al., 1998; Stamatidis et al., 1999). Entre los factores que favorecen a las plantas están la carga de microorganismos benéficos, presencia de ácidos húmicos, fulvicos, y policarboxílicos, precursores de promotores del crecimiento vegetal, entre otras características (Doran et al., 1998; López-Mtz et al., 2001; Harrison, 2008; Luis et al., 2010). Se puede hipotetizar que al aplicar estiércol sin compostear existe una baja disponibilidad de nutrientes.

Baldi et al, (2010) señalan que en determinado momento y dependiendo del manejo el uso de abonos orgánicos puede proveer el total de la demanda nutricional de plantas de durazno y a largo plazo mantiene una tendencia a incrementar el rendimiento de fruta manteniendo la calidad como cuando se utilizan suministros sintéticos. En términos de sustentabilidad los estudios indican que el uso de enmiendas y abonos orgánicos pueden prolongar la vida productiva de los suelos y mantener los niveles de producción (Harrison, 2008; Baldi et al., 2010).

Para precisar estos resultados es recomendable realizar estudios adicionales con otras dosis, en diferentes etapas fenológicas incluso con combinaciones de diferentes abonos orgánicos con el fin de encontrar efectos positivos en las diferentes variables.

## **Conclusiones**

La fertilización orgánica afecta las variables de calidad de la fruta fresca de duraznero dependiendo del abono orgánico que se esté utilizando. No hubo un efecto significativo en la firmeza ni en la concentración de materia seca. El uso de estiércol fresco afecta negativamente el tamaño del fruto y el abonado con composta produce frutos con menor concentración de sólidos solubles que es uno de las variables que están involucradas en la composición del sabor.

## Literatura Citada

- Baldi, E., Toselli, M., Marcolini, G., Quartieri, M., Cirillo, E., Innocenti, A., and Marangoni, B. 2010. Compost can successfully replace mineral fertilizers in the nutrient management of commercial peach orchard. *Soil use and Management*, 26(3), 346-353.
- Romero-Lima, M., dR., Trinidad-Santos, A., García-Espinosa, R., y Ferrera-Cerrato, R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*, 34(3), 261-269.
- De la Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M. A., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., y Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*, 25(1), 59-67.
- Adesemoye, A. O., Torbert H. A., And Koepper J. W. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microb ecol* 58:921-929.
- Agusti, M. 2008. *Fruticultura*. Ed. Mundi prensa. España. 494 p.
- Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. *Handbook of Plant Nutrition*: CRC Press, 2016.
- Cassanova, F., Ramírez L., y Solorio S. 2007. Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. *Avances en investigación agropecuaria* 11:41-52.
- Crisosto, C. 2005. Peach quality and postharvest technology. *Acta Horticulturae*, 713, 479-488.
- Doran, J. W.; Elliott, E. T.; Paustian, K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil & Tillage Resear*, 49, 3-18.
- Harrison, R. B. 2008. Composting and Formation of Humic Substances. In S. E. Jørgensen & B. D. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (pp. 713-719). Oxford: Academic Press.
- Hernández-Fuentes, A., Saucedo-Veloz, C., Colinas-León, M., Rodríguez-Alcazar, J., Flores, J. C., y Sánchez-García, P. 2003. La fertilización en la calidad postcosecha de durazno (*Prunus persica* L. Batsch) bajo frigoconservación. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9(1), 115-133.
- López-Mtz, J. D., Díaz, A., Martínez, E., y Valdez, C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, 19:293-299.
- Luis, G. H. J., Salazar, S. E., Ignacio, O. C., Fortis, H. M., y Idilio, T. E. H. 2010. *Agricultura Orgánica*. 431p.
- Muñoz V, J. A., Velásquez V, M. A., Osuna, E. S., y Macías R, H. 2014. El uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*, 13(1), 27-32.
- Rumayor, R. A. F., Sánchez, T., B. I, y Zegbe, D., J. A. 2011. Estudio sensorial como estrategia de mercadotecnia para el durazno mexicano. *XV Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas*, 189-196.
- Sánchez, T. B. I., Zegbe, D. J. A., y Rumayor, R. A. F. 2012. Producción y comercialización del durazno criollo de Zacatecas. Folleto técnico No. 43. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 43 P.
- Stamatiadis, S.; Werner, M.; Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizier application in a broccoli field (San Benito Country, California). *Appl. Soil Ecol*, 12, 217-225.
- Vázquez, P. V., López, M. Z. G., Cortez, M. C. N., y Hernández, D. G. (2015). Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36, 1351-1356.
- Zegbe-Domínguez, J. A., y Esparsa-Frausto, G. 2007. Poda de ramas mixtas y raleo de frutos: prácticas culturales independientes en durazno 'victoria'. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(2), 121-126.

## **COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS EN VOLUMEN DE COSECHA DE LAS VARIEDADES RED DELICIOUS Y TOP RED EN EL CULTIVO DE MANZANO (*Malus domestica*) EN CANATLÁN, DGO.**

Antonio Velázquez Graciano<sup>1\*</sup>, Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1</sup>, Antonio Velázquez Ruiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. Carretera Federal Panamericana Km. 159.4 Colonia ETA, CP 35760 Rodeo, Durango, Méx. <sup>2</sup> Integradora Regional de Productores de Manzana S.A. de C.V. Carretera Francisco Zarco Km. 9.5 CP 34400. Canatlán, Dgo. \*Autor de correspondencia: 1908017@utrodeo.edu.mx

### **Introducción**

El manzano pertenece a la Familia Rosaceae y al género *Malus*. Es un fruto altamente demandado por el mercado nacional e internacional, debido a su valor nutricional y su sabor. En México la producción de manzana es destinada al mercado interno debido a la poca superficie establecida (Dávila-Gauna, 2007). Desde hace años este frutal ha sido largamente estudiado, existen un gran número de variedades, y difícilmente hay un conocimiento total de las mismas; no obstante, se calcula que existen más de 7,500 variedades comerciales actualmente (Agusti, 2010).

La elección de la variedades altamente productivas son de gran importancia, sobre todo en huertas que en la actualidad presentan grandes cambios tecnológicos (Flores-Córdova et al, 2018), por ello, es posible optar por nuevas técnicas y nuevas variedades, ya que corresponde a un área de oportunidad al tener ventajas de producción y comercialización de frutos. Por lo cual, el objetivo del trabajo fue comparar la producción de las variedades de manzano Top Red y Red en el ciclo productivo 2021 en la huerta de la empresa Huerta Hermanos V, ubicada en el municipio de Canatlán, Dgo.

### **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en la huerta Hermanos V en Santa Cruz de las Huertas, localizada en el municipio de Canatlán, Dgo. El clima en esta zona es semiseco templado con una precipitación pluvial de 535.8 mm y una temperatura media anual de 15.8°C (SMN, 2010).

El trabajo se efectuó durante el ciclo productivo 2021. Para ello se utilizaron los cultivares Top Red y Red Delicious del cultivo de manzano, en ambos se cuantificó el rendimiento de fruto (t) y número de frutos promedio por árbol en toda la huerta, generando cinco muestreos con frecuencia de una semana entre ellos.

Las variedades de manzano estuvieron intercaladas en un sistema de plantación estándar en un marco real a una distancia de 4 m entre árboles y 8 m entre filas; en ellas se utilizó el mismo manejo agronómico referido a dosis de fertilización, control de plagas, lámina de riego y podas de aclareo o fructificación.

## Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra las cantidades de fruto (t) obtenidas en las 5 semanas de recolección de ambas variedades de manzana Top Red y Red Delicious. El cultivar Top Red registró mejor rendimiento a lo largo del ciclo de cosecha, reportando rendimientos máximos de hasta 21 t en la segunda semana, con una caída en la última de semana de evaluación con 6 t y un promedio de 14.2 t en las cinco semanas de monitoreo. La variedad Red Delicious mostró valores más bajos con un registro máximo de 12 t en la última semana y un promedio 10.6 t durante las cinco semanas de cosecha. En general, se obtuvo un 34% más de cosecha para la variedad Top Red a lo largo del monitoreo de cosecha.

Igualmente, en el conteo de frutos promedio por árbol la variedad Top Red mostró valores superiores a la variedad Red Delicious con un total de 207 frutos promedio por árbol y con un rendimiento promedio de 9 t, contabilizando un total de 71 t totales en las cinco semanas de monitoreo; la variedad Red Delicious registró un total de 151 frutos promedio por árbol, con un promedio de 6.5 t, con 53 t obtenidas en el mismo periodo.

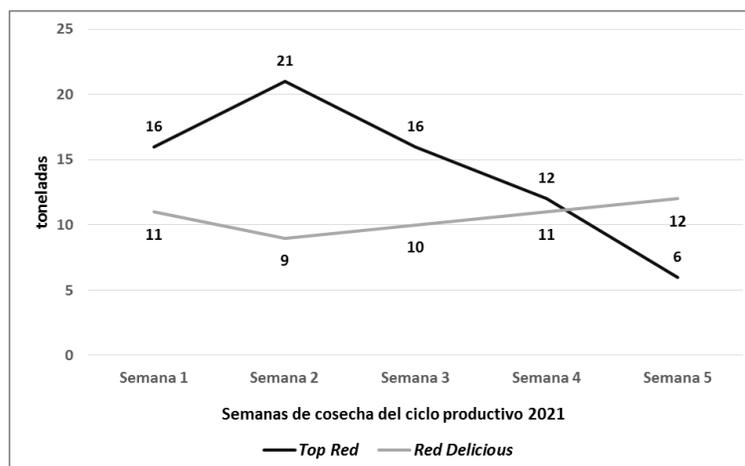


Figura 1. Recolectión de fruto (t ha<sup>-1</sup>) de variedades de manzana Top Red y Red Delicious.

## Conclusiones

El potencial productivo de la variedad Top Red fue mayor en un porcentaje aproximado del 34% con referencia a la variedad Red Delicious. La evaluación se realizó considerando la producción en general de la fruta, no se determinaron calidades en base a color, sabor o calibres de fruto. La disminución del rendimiento en el cultivar Red Delicious, se le puede atribuir a que mostró mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades asociadas al cultivo. Igualmente, en la variedad Top Red resaltó la estética que presenta, la morfología del fruto es de un tono más rojo, en referencia con sus homólogos nacionales y extranjeros, por ello se ofertaría de mejor manera por su característico color rojo oscuro y uniformemente disperso por toda la epidermis del fruto.

## Literatura Citada

- Agusti, M. (2010). Fruticultura. 2a edición. Editorial Mundi-Prensa. 507 p.
- Dávila-Gauna, J. (2007). Sistema de producción y comercialización de manzano. Región: Sierra de Santiago, Nuevo León. Folleto técnico. SAGARPA.
- Flores-Córdova, M. A., Soto-Parra, J. M., Salas Salazar, N. A., Sánchez Chávez, E., & Piña Ramírez, F. J. (2018). Efecto del subproducto industrial CaCO<sub>3</sub> en los atributos de calidad, contenido fenólico y capacidad antioxidante de manzana cvs Golden Delicious y Top Red. *Nova scientia*, 10(20), 64-82.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2010). Normales climatológicas por Estado. Comisión Nacional del Agua. México D.F. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=dgo>

## ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO PARA EL CONTROL NEMATICIDA A PARTIR DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*)

Abelardo Camacho Luis<sup>1\*</sup>, Jennifer Natalia Soto Meraz<sup>2</sup>, Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina y Nutrición-UJED. Av. Universidad y Fanny Anitúa s/n. CP 34000. Durango, Dgo., México. <sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. Carretera Federal Panamericana Km. 159.4 Colonia ETA, CP 35760 Rodeo, Durango, Méx. \*Autor de correspondencia: abelardo.camacho@ujed.mx

### Introducción

Los nematodos son uno de los grupos de invertebrados más numerosos sobre la tierra, encontrándose entre ellos especies fitoparásitas de gran importancia en la agricultura debido a los problemas que causan. Varios centenares de sus especies atacan a los cultivos en las que producen una gran variedad de enfermedades (Agrios, 1995). Se han utilizado diversos métodos de combate de estos organismos, siendo los nematicidas de origen químico los más efectivos, sin embargo, estos productos son costosos y tienen un efecto perjudicial en el ambiente. En particular, el orégano (*Lippia Graveolens*) es una especie de interés económico, por sus diversos usos, como fuente de aceites y extractos con propiedades antimicrobianas, larvicida, insecticida, antibacterial, anti fúngica y antioxidante, entre otras (Stashenko et al., 2014). Por ello, una alternativa que se propone es realizar evaluaciones donde implique usar el aceite esencial de orégano cuyas propiedades químicas pueden controlar las poblaciones de nematodos. Por lo cual, el objetivo del trabajo fue estandarizar un método para el control nematicida orgánico como una alternativa ecológica y efectiva.

### Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el municipio de Rodeo Durango, en la Universidad Tecnológica de Rodeo y en la Facultad de Medicina y Nutrición, en Durango, Durango. La estandarización del método para el control nematicida orgánico consiste en coleccionar hojas y tallos de orégano proveniente de hábitats naturales. Posteriormente, las hojas de orégano son secadas a temperatura ambiente y a la sombra por un lapso de 4 días, separadas de los tallos y almacenadas en bolsas de papel. El método utilizado para la extracción del aceite es el de destilación por arrastre de vapor, la cual es la técnica más difundida por su practicidad y alta producción de aceite de alta calidad (Armijo et al., 2012). Finalmente, es necesario obtener suelo infestado de nematodos y realizar su extracción mediante el método de tamizado; este método es ampliamente utilizado para la obtención de huevos, juveniles J2 y otros estadios de nematodos endoparásitos sedentarios y migratorios que pueden encontrarse en el suelo y partículas vegetales (Agrios, 1995).

## Resultados y Discusión

Para realizar el bioensayo nematicida se recomienda establecer en condiciones de laboratorio algunas unidades experimentales conformadas por cajas Petri de 8 cm de diámetro, con 5 mililitros de solución con nematodos (10-20 nematodos por unidad experimental) y la dilución con 3 ml del aceite de orégano a diferentes concentraciones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diluciones recomendadas de aceite esencial de orégano como nematicida.

Dilución (%)*	Aceite esencial de orégano (ml)	Agua destilada (ml)
75	2.25	0.75
50	1.5	1.5
25	0.75	2.25
10	0.3	2.7
0	0	3.0

\*Concentraciones recomendadas en bioensayos similares (Cepeda-Siller et al., 2020; Iler, 2017).

Es recomendable realizar diluciones de la siguiente forma: En la dilución de los nematodos se utiliza una pipeta graduada de 5 ml con la cual se extraer la muestra de nematodos recogidos en el método del tamizado, depositando en la caja Petri la muestra de 5 ml de nematodos. Repitiendo el mismo procedimiento para cada unidad experimental que se vaya implementar. Para la dilución de cada aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones, en un vaso de precipitados se depositan 3 ml de agua destilada, agregando a este la concentración deseada a evaluar en cada tratamiento haciendo de esta una mezcla, posterior a esto con la ayuda de la pipeta graduada de 5 ml se extraen los 3 ml de mezcla, depositando 1 ml en cada unidad experimental con solución de nematodos por cada tratamiento. Es necesario establecer igualmente un tratamiento testigo agregando un ml de agua destilada.

Al inicio del bioensayo se realiza una sola aplicación del aceite esencial a las concentraciones deseadas. Finalmente, se observan muestras de las cajas de Petri en un estereoscopio o microscopio; y con ayuda de un contador manual se hace el conteo de los nematodos vivos y muertos (para verificar la inmovilidad de nematodos, considerados muertos, es necesario usar una aguja de disección). Por la efectividad del aceite esencial de orégano se recomienda evaluar mortalidad a las 0 horas, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 18 horas, 24 horas y 48 horas. Para el cálculo de porcentaje de mortalidad se aplica la ecuación (1):

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{número de nematodos muertos}}{\text{número total de nematodos}} * 100 \quad (1)$$



## Conclusiones

El método sugerido para el control nematocida a partir del aceite esencial de orégano, se propone como una alternativa ecológica y efectiva en la afectación de estos organismos para la agricultura. Este trabajo de estandarización de un método para contrarrestar a los nematodos, surge por la necesidad de buscar alternativas más orgánicas y ecológicas; y en ese sentido los aceites esenciales de orégano por su actividad biocida frente a microorganismos, resultan una alternativa viable al uso de nematocidas químicos.

## Literatura Citada

- Agrios, G. N. (1995). *Fitopatología*. México, D.F.: Editorial Limusa. 838 p.
- Armijo, J., Vicuña, E., Romero, P., Condorhuamán, C., & Hilario, B. (2012). Modelamiento y simulación del proceso de extracción de aceites esenciales mediante la destilación por arrastre con vapor. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 15(2), 19-27.
- Cepeda-Siller, M. C., Ochoa-Fuentes, Y. M., Cerna-Chávez, E., Garrido-Cruz, F., González-Ruíz, A. G., & Hernández-Juárez, A. (2020). Efectividad de extractos biológicos y químicos comerciales para el control de nematodos en cafeto en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(7), 1461-1498.
- Iler, D. (2017). Evaluación de la actividad nematocida in vitro de aceites esenciales frente a *Meloidogyne*. Tesis profesional. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Stashenko, E., Martínez, R., Durán, C., Córdoba, Y. & Caballero, D. (2014). Estudio comparativo de la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales de algunas plantas del género *Lippia* (Verbenaceae) cultivadas en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 89-105.

## RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN TRITICALE (X. *Triticosecale* Witt.)

Miguel Angel Mata-Espinosa<sup>1\*</sup>, David Hernández-Sánchez<sup>2</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. \*Autor de correspondencia: [mata@chapingo.uruz.edu.mx](mailto:mata@chapingo.uruz.edu.mx)

### Introducción

En el norte de México es muy importante la actividad ganadera, tanto en condiciones extensivas como intensivas. En esta última, se establecen praderas mejoradas, principalmente con uso de riego, tanto para la producción de forrajes para su uso en la alimentación de ganado lechero, como para su aprovechamiento directo, utilizando el pastoreo, principalmente para la engorda de ganado productor de carne (Béjar *et al.*, 2007). En el caso de la Región Lagunera, la cual es la cuenca lechera más importante del país, la alimentación del ganado se basa en el uso de forrajes de corte, ya sea verdeado, henificado o ensilado; mientras en otras regiones, principalmente del estado de Chihuahua, norte de Coahuila y otros; en general, se alimenta el ganado productor de carne utilizando el sistema de pastoreo directo. En cualquier caso, se utilizan cultivos tradicionales importantes como el maíz y el sorgo en verano, y la avena y el ryegrass entre otros en invierno, además de algunas especies perennes donde destaca la alfalfa (Béjar *et al.*, 2007).

El triticale (X. *Triticosecale* Witt.) es el resultado de la cruce de trigo x centeno, 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 con temperaturas bajas (diciembre, enero y 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).

Para el presente estudio, el objetivo fue evaluar semilla de triticale proveniente la región de Jerez, Zacatecas para conocer el rendimiento de materia seca y compararlo con estudios donde se ha utilizado semilla comercial de esta especie forrajera-

## **Materiales y Métodos**

### *Ubicación geográfica*

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 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).

### *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 donada por 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 120 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 21-00-00-24(S) 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 utilizará un herbicida comercial (A Grester-400 CE®) con una dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup>.

### *Muestreo de forraje*

Los muestreos se realizaron en tres etapas de corte que fueron a los 90, 100 y 110 días después de la siembra (DDS).

### *Variables de estudio*

#### *Rendimiento de materia seca*

La toma de muestras de forraje se realizó con ayuda de un cuadrante metálico cuyas dimensiones fueron 75 cm x 133.34 cm = 1 m<sup>2</sup>. Se realizaron 3 submuestreos 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).

#### *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 forzado, 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. La cantidad de MS, se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% MS = \left( \frac{PMS}{PMH} \right) * 100$$

### *Diseño experimental y tratamientos*

Se estableció un Diseño en Bloques Completamente al Azar con mediciones repetidas en fechas de corte posteriores a la siembra (90, 100 y 110 DDS). 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 para los diferentes tiempos de cortes, 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 la comparación de efectos entre tratamientos (días de corte) se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey con un alfa de 0.05 (Steel y Torrie, 1990).

## Resultados y Discusión

Para determinar la Normalidad de errores en el presente experimento se aplicó la prueba de Shapiro Wilk (esta prueba se aplica cuando  $n < 30$ ) obteniéndose un P valor=0.2995, indicando que los datos de kg MS/ha muestran una aproximación a la Normal o se comportan bajo el modelo de distribución normal.

Con relación a la homogeneidad de varianza, para kg MS/ha, se aplicó la prueba de Levene. El valor obtenido fue de  $P > 0.31$ , lo cual indica que las varianzas entre los periodos de corte son iguales (existe homogeneidad de varianza entre los tratamientos).

El resultado del análisis estadístico y comparación de medias (Cuadro 1), mostró un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) del bloque, así como los periodos de muestreo (Cuadro 2), lo que significa que algunos tratamientos (bloques) mostraron comportamientos promedios diferentes para la variable respuesta kg de MS/ha.

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos de bloques y error estándar (EE) de producción de Forraje en Triticale (kg).

Bloque	Medias* $\pm$ EE Kg MS/ha
1	10,351 <sup>bcd</sup> $\pm$ 511
2	9,626 <sup>cd</sup> $\pm$ 511
3	9,521 <sup>d</sup> $\pm$ 511
4	11,594 <sup>ab</sup> $\pm$ 511
5	11,302 <sup>ab</sup> $\pm$ 511
6	11,929 <sup>a</sup> $\pm$ 511
7	11,076 <sup>ab</sup> $\pm$ 511
8	11,804 <sup>ab</sup> $\pm$ 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 kg MS/ha entre los bloques (melgas) evaluados. Lo anterior confirma que el efecto de bloque si tuvo influencia sobre la variable evaluada. 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 kg 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; así como también a los que obtuvo Castro (2018) con un intervalo de 4.92 a 6.23 ton MS/ha. Sin embargo, otros investigadores informan de un rendimiento de 17.86 ton MS/ha de triticale (Lozano *et al.*, 2002).

Con relación al comportamiento de esta variable (kg MS/ha), cuando se analizó por periodos de corte (Cuadro 2), se observó una diferencia significativa positiva a medida que fue incrementando la fecha de corte, de tal forma que el rendimiento se incrementó de 8,034 kg a los 90 días de corte; a 14,000 kg para el corte a los 110 días después de la siembra.

Cuadro 2. Valores promedio y Error Estándar (EE) de rendimiento de forraje seco de triticale por periodo de corte.

Periodo de Corte	Kg de MS/ha* $\pm$ EE
90 días	8,034.3 <sup>c</sup> $\pm$ 312.9
100 días	10,660.2 <sup>b</sup> $\pm$ 312.9
110 días	14,006.3 <sup>a</sup> $\pm$ 312.9

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Este comportamiento observado, en la presente investigación, es consistente con los valores obtenidos por Lozano *et al.* (2002), quienes obtuvieron valores de 5.38 ton MS/ha (94 DDS); 8.61 ton MS/ha (108 DDS) y 17.86 ton MS/ha (127 DDS). Otros estudios realizados en la misma área experimental (Gómez, 2014), también informan valores de datos consistentes. Los valores encontrados fueron de 5.86 ton MS/ha (90 DDS), 8.24 ton MS/ha (100 DDS) y 8.82 Ton MS/ha (110 DDS). Para el caso de Castro (2018) los valores reportados fueron de 2.67 ton MS/ha (112 DDS), 4.40 ton MS/ha (122 DDS) y 9.31 ton MS/ha (132 DDS).

Con la información obtenida para los diferentes periodos de corte, se llevó a cabo un análisis de Regresión Lineal. El resultado del análisis indica un valor de  $r^2=0.94$ , indicando que los factores de bloque así como de periodo de muestreo explican el 94% de variación en la variable respuesta kg MS/ha. Los coeficientes del modelo obtenidos son: kg MS/ha=270.19\*días de corte y el error estándar para el coeficiente de regresión es de 18.03. Lo anterior implica que los kg de MS/ha mantuvieron un aumento lineal de 270.19 kg por cada día de corte, durante el periodo de 90 a 110 días de crecimiento del cultivo. El coeficiente de variación tuvo un valor de 8.12, lo cual indica un valor apropiado para experimentos en campo.

## Conclusiones

Se encontró efecto de bloques (melgas) sobre la variable de rendimiento de MS/ha; sin embargo, los valores no mostraron ninguna tendencia.

A medida que se incrementó el periodo de corte del forraje, hubo un aumento en el rendimiento del mismo. Este comportamiento tuvo una tendencia lineal con un coeficiente de determinación de 0.94.

Se deben de realizar análisis bromatológicos y químicos para valorar su inclusión como forraje en raciones integrales para rumiantes.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se recomienda utilizar esta semilla para producir forraje.

## Literatura Citada

- 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/triticales-alternativa-norte-mexico-t27023.htm>
- Castro, De la C. R. 2018. Variables productivas en el cultivo de triticale (*X. tritico-secale* Witt.) a diferentes periodos de corte. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México.
- Gómez, V. M. G. 2014. Rendimiento y valor nutritivo del cultivo de triticale (*X. tritico-secale* 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.
- INEGI. 2009. Anuario Estadístico del estado de Durango. Gobierno del estado de Durango. P. 469.
- 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.
- 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.

## DOS ARREGLOS TOPOLÓGICOS Y CRECIMIENTO DE FRIJOL “PINTO SALTILLO” EN CONDICIONES COMERCIALES EN MORELOS, ZACATECAS, MÉXICO

José Ángel Cid-Ríos\*<sup>1</sup>, Manuel Reveles-Hernández<sup>1</sup>, Nadiezhda Y. Z. Ramírez-Cabral<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. 018000882222 Ext 82320. Email: [cid.angel@inifap.gob.mx](mailto:cid.angel@inifap.gob.mx)

### Introducción

Con la siembra de frijol en camas se considera que se puede contribuir para satisfacer los requerimientos de grano para la población, debido a que este sistema de siembra permite el empleo de insumos como fertilizante químico, fungicidas, insecticidas y agua de riego (De Luna y Ponce, 1995). El uso de agua bajo condiciones de riego por goteo facilita aplicar los nutrientes de manera homogénea, los cuales se pueden ser aplicados lo más cercano al sistema radicular. Además de que se puede aplicar productos químicos para controlar problemas de enfermedades (Ghidu *et al.*, 2012).

Diversos trabajos de investigación en otras latitudes del mundo han demostrado que el uso de altas densidades de población no afecta el crecimiento de las plantas de frijol logrando una mayor cobertura del suelo, haciendo más eficiente el uso de la luz solar, también propiciar una rápida cobertura del suelo que favorece la disminución de malezas presentes en el cultivo (Welu, 2015; Musana *et al.*, 2020; Osuna-Ceja *et al.*, 2012).

El crecimiento de las plantas de frijol se ve afectado por la densidad de siembra, de tal manera que existe una relación entre la densidad de siembra y algunas variables de crecimiento, como: altura, número de vainas y número de hojas, que generalmente afectan el rendimiento del cultivo (Kouam y Tsague-Zanfack, 2020), dicha afectación que generalmente se expresa en una relación directa entre la densidad de plantas y el rendimiento.

El objetivo del presente trabajo fue encontrar las relaciones entre dos densidades de siembra y el crecimiento de las plantas de frijol cultivado en una parcela comercial.

### Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el predio del productor cooperante Ismael Rojero en el Municipio de Morelos, Zacatecas, cuyas coordenadas de la parcela son 22° 51' 30.1" latitud N y 102° 41' 40.6" latitud oeste y 2200 metros sobre el nivel del mar. Se evaluó el crecimiento de la variedad Pinto Saltillo bajo dos sistemas de siembra en riego por goteo; el primero fue siembra en surcos de 0.76 m, donde se establecieron 131 mil plantas por hectárea, colocando una línea regante por surco.

El segundo sistema de siembra fue en camas de 1.52 m de ancho, con cuatro hileras de siembra, y 30 cm de distanciamiento entre hileras, estableciendo 240 mil plantas por hectárea, al centro de las hileras se colocaron dos cintillas de riego de flujo alto. En ambos sistemas de siembra la distancia entre plantas fue de 10 cm, y se utilizó cintilla calibre 6000 con 20 cm de distancia entre cada gotero.

Se utilizó un diseño experimental de arreglo en fajas. El día 26 de julio se aplicó un riego de ocho horas de duración, para realizar la siembra el día 29 de julio del presente año. Para el mantenimiento del cultivo se realizaron dos escardas; la primera escarda a los quince días después de la siembra, aplicando al mismo tiempo la dosis de fertilización inorgánica 50-60-30 Nitrógeno, Fosforo y Potasio por hectárea. La segunda escarda se realizó a los 20 días después de la primera. También se realizó un deshierbe manual en floración.

A los 62 dds (días después de la siembra), se realizaron cinco submuestreos completamente al azar con cinco repeticiones para cada sistema de siembra, donde se evaluaron las variables: altura de planta, cobertura de planta, número de flores, número de vainas, longitud de guía y número de trifolios. Durante el ciclo del cultivo se han presentado 304.6 mm, los cuales se han distribuido en las etapas de floración y formación de vaina, por lo que no se aplicaron riegos hasta el momento del muestreo.

## Resultados y Discusión

En el (Cuadro 1), aparece la comparación de medias para las variables evaluadas a los 62 días después de la siembra (dds), en donde se aprecia cómo, aun cuando son estadísticamente iguales, la altura de planta es ligeramente superior en el cultivo establecido en camas, lo mismo sucede con la longitud de la guía. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables de cobertura de planta y número de vainas por planta, notándose que, en el cultivo establecido en surcos, estas dos variables, son superiores que las que se registraron en plantas creciendo en camas de siembra (Figura 1). Si se multiplica en número de vainas por planta por el número de plantas por hectárea en las dos densidades estudiadas, se obtiene mayor número de vainas en siembra en camas con 240,000 plantas por hectárea, que cuando se establece en surcos con 131,000 plantas.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables evaluadas en cultivo de frijol Pinto Saltillo en dos sistemas de siembra en condiciones del productor en Morelos, Zacatecas, México.

Tratamiento (miles de plantas ha <sup>-1</sup> )	Variables					
	Altura de planta	Longitud de guía	Cobertura de planta	Número de flores	Número de vainas por panta	Número de trifolios
Camas (240)	34.20	75.92	41.44 b	5.086	18.63 b	19.48
Surcos (131)	30.48	77.4	46.72 a	5.120	25.68 a	25.84
Significancia	0.665	0.830	0.029	0.985	0.036	.061
	NS	NS	*	NS	*	NS

Aun cuando los resultados de número de trifolios por planta son menores en el sistema de siembra en camas, se supone una mayor cobertura y mayor capacidad fotosintética al obtener mayor número de trifolios por hectárea por efecto del incremento de plantas por unidad de superficie, lo que pudiera significar mayor capacidad productiva del cultivo del frijol con la más alta densidad de plantas.

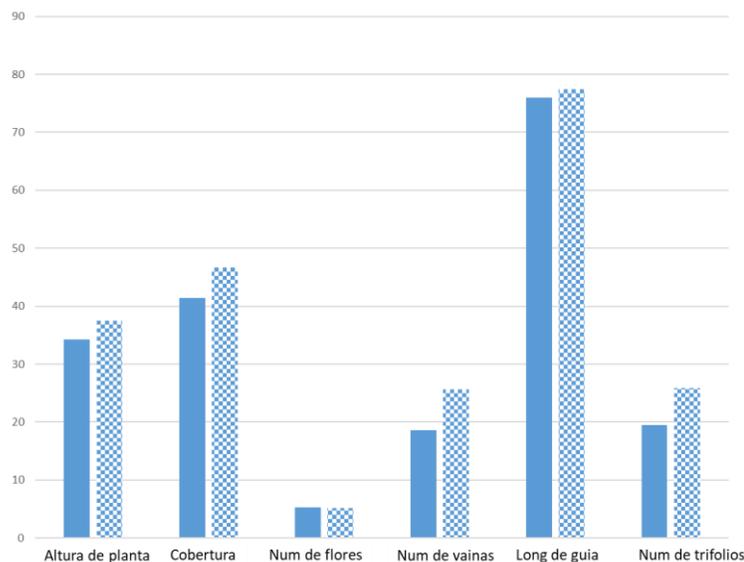


Figura 1. Medias de las variables evaluadas en frijol Pinto Saltillo en dos densidades de siembra; En camas (barra sólida) y en surcos (barra cuadriculada).

Los resultados obtenidos coinciden con los observados por Osuna-Ceja y colaboradores (2021), quienes reportan efecto positivo de la densidad sobre los componentes de rendimiento por planta, sin embargo, el rendimiento por hectárea siempre resultó superior cuando se incrementó la densidad de plantas por hectárea; lo anterior hace suponer que se puede esperar un incremento en el rendimiento al observar una mayor cantidad de vainas por hectárea.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos con la variedad de frijol Pinto Saltillo muestran una mayor capacidad productiva al esperarse un mayor número de vainas por hectárea.

La cobertura de plantas en el sistema de siembra en camas permite mayor cobertura del suelo, lo que puede redundar en una disminución de malezas por el efecto de la competencia que representa mayor número de plantas de frijol por hectárea.

## Literatura Citada

- 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.
- Ghidu G., Kuhar T., Pallumbo J. and Schuster D. 2012. Dripchemigation of insecticides as a pertmanagementtool in vegetable production. Jurnal of Pest Management. 3:1-5
- Kouam E. B. y Tsague-Zanfack, A. B. 2020. Effect of plant density on growth and yield ettributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Notulae Scientia Biologicae. 12: 399-408
- Musana RF.; Rucamumihigo FX; Nirere D and SR Mbaraka. 2020. Growth and yield performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by plant density at Nyagatare, East Rwanda. Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev. 20: 16249-16261
- Osuna-Ceja E. S.; Reyes-Muro L.; Padilla-Ramírez J. S. y Martínez-Gamiño M. Á. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3: 1389-1400
- Welu, G. 2015. Effects of Plant Density on the Yield Components of Haricot Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Natural Sciences Research. 5: 37-41

## **LA NUTRICIÓN, USO DE *Glomus intraradices* Y PERMANENCIA DE HOJAS COTILEDONALES EN PLÁNTULA DE CHILE DE ÁRBOL EN CONDICIONES DE INVERNADERO**

Zayda Samantha Rodríguez-Chávez<sup>1</sup>, Manuel Reveles-Hernández<sup>2\*</sup>, José Ángel Cid-Ríos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica de Agronomía- Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Zacatecas-Guadalajara Km. 15.5, Cieneguillas, Zacatecas, Zac. CP 98170 <sup>2</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. Tel. 8000882222 Ext. 82310. \*Autor para correspondencia: reveles.manuel@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En México el chile forma parte fundamental de la dieta de sus habitantes, es considerado un alimento elemental en la dieta de todo mexicano. El consumo de esta hortaliza en sus diversos tipos y formas está presente a lo largo y ancho del país, que es el centro de origen y dispersión y que alberga la mayor diversidad genética en el mundo (Aguirre-Mancilla et al., 2017).

El uso de micorrizas en la producción agrícola tiene beneficios sobre el crecimiento y productividad de los cultivos, reportándose también beneficios en cuanto a resistencia de las plantas a condiciones de estrés hídrico (por deficiencia o exceso), resistencia a la incidencia de enfermedades, mejor aprovechamiento de los nutrientes con efectos que van desde el incremento de la cantidad de raíces, altura de la planta hasta el incremento del número de frutos (Aguilera-Gómez et al., 1999).

El efecto de las micorrizas sobre el crecimiento de las plantas se nota a corto plazo de tal manera que se puede detectar desde la etapa de plántula (Alarcón *et al.*, 2002), por lo que es importante realizar evaluaciones de su efecto sobre la plántula de las especies hortícolas. El estudio de la nutrición del cultivo desde el desarrollo de la plántula tiene vital importancia dado que la nutrición a base de nitrógeno y fósforo son importantes en la producción de plántula de chile, destacando que la cantidad que recibe previo al trasplante tiene efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo, así como sobre la calidad de los frutos cosechados (Dufault y Schultheis, 1994).

Los estudios reportados por Barraza (2017) demuestran que la prevalencia de las hojas cotiledonales tienen relación con las condiciones de estrés a las que son sometidas las plántulas de algunos cultivos, sin embargo, no relaciona sus resultados con plantas de la familia de las solanáceas.

El objetivo del presente trabajo fue relacionar la pérdida de las hojas cotiledonales por efecto del estrés nutricional de plántula de chile de árbol sometido a tres dosis de fertilización y a la aplicación de *Glomus intraradices*.

## **Materiales y Métodos**

El presente trabajo se realizó de agosto a octubre del 2021 en el Campo experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Se utilizó semilla de chile de árbol junto con el biofertilizante INIFAP a base de *Glomus intraradices* para la producción de plántula bajo condiciones de invernadero en charolas de poliestireno de 200 cavidades con un volumen de 20 mL por cavidad.

Se sembraron veinticuatro charolas con el sustrato de la marca Sunshine número 3; para doce de ellas se aplicó 2.22 gramos del producto a base *Glomus intraradices* por charola y el resto fueron sembradas de manera convencional.

Se usó un diseño de tratamientos factorial en donde el factor A fue la aplicación de *Glomus intraradices*, mientras que el factor B consistió en la aplicación de tres dosis de fertilización: 1) 0-0-0, 2) 10-20-10, y 3) 20-40-20 expresadas en g de nitrógeno, fósforo y potasio por cada 100 litros de agua de riego. La aplicación de los tratamientos de fertilización se inició al momento de la aparición de las primeras hojas verdaderas. Dentro del invernadero se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones en donde la unidad experimental consistió en una charola de 200 cavidades.

A los 35 días después de la siembra se realizó muestreo de diez plantas con competencia completa por cada tratamiento para realizar el conteo de las hojas cotiledonales presentes. 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 puede observar que, al realizar el análisis de varianza para la permanencia de las hojas cotiledonales de la plántula de chile de árbol, presentan diferencias altamente significativas entre tratamientos por efecto de la dosis de fertilización (factor B), al realizar la comparación de medias (Cuadro 2), se observa como en los tratamientos 2 y 3 sufrieron poca pérdida de hojas cotiledonales al mostrar la permanencia de 1.9 hojas de las dos que tenía cada plántula de chile de árbol, sin embargo esto no sucedió en las plántulas sometidas al tratamiento número 1 en donde se sufrió la caída de más de la mitad de las hojas; la permanencia de las hojas cotiledonales está estrechamente relacionada con la aplicación de nutrientes en el agua de riego (tratamientos 2 y 3), lo que hace suponer que su pérdida estuvo relacionada por la condición de estrés nutricional al que estuvieron sometidas las plántulas de este experimento.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el número de hojas de hojas cotiledonales en plántula de chile de árbol por efecto de micorrizas (Factor A) y dosis de fertilización (Factor B)

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Bloques	3	0.526	0.175	1.636	0.223
Factor A	1	0.001	0.001	0.009	0.927
Factor B	2	6.245	3.123	29.125	0.000
A x B	2	0.069	0.035	0.324	0.729
Error	15	1.608	0.107		
Total	23	8.450			

Cuadro 2. Comparación de medias para el número de hojas de hojas cotiledonales en plántula de chile de árbol por efecto de micorrizas (Factor A) y dosis de fertilización (Factor B)

Dosis de fertilización	Media	0.05
2	1.975	a
3	1.925	a
1	0.869	b
DMS	0.349	

El análisis de varianza (Cuadro 1) no muestra efecto de la aplicación de micorrizas (Factor A) sobre la permanencia de las hojas cotiledonales dado que los dos tratamientos evaluados no presentaron diferencias estadísticas como tampoco la presentaron por efecto de la interacción con las dosis de fertilización usadas (Factor B). Al observar las medias obtenidas por la aplicación de micorrizas se puede notar que son prácticamente iguales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de número de hojas cotiledonales en plántula de chile de árbol por efecto de micorrizas (Factor A)

Tratamiento de micorrizas	Media
1 sin	1.596
2 con	1.583

En el Cuadro 4 se presentan las medias para el número de hojas presentes en las plántulas sometidas a la aplicación de micorrizas (Factor A) y a la aplicación de tres dosis de fertilización (factor B) en donde se puede apreciar que no hay una tendencia de respuesta a la aplicación de micorrizas ni a su interacción con la aplicación de fertilizantes.

Cuadro 4. Medias de número de hojas cotiledonales en plántula de chile de árbol por efecto de micorrizas (Factor A) y tres dosis de fertilización (Factor B).

AXB	Media
11	0.813
12	1.975
13	2.000
21	0.925
22	1.975
23	1.850

## Conclusiones

Se encontró una relación directa entre la permanencia de las hojas cotiledonales y la aplicación de nutrientes en plántula de chile de árbol en condiciones de invernadero.

No se detectó efecto de la aplicación de *Glomus intraradices* sobre la permanencia de las hojas cotiledonales en plántula de chile de árbol en condiciones de invernadero.

Se presume que la caída de las hojas cotiledonales estuvo relacionada con la falta de nutrientes al que fueron sometidas las plántulas del tratamiento testigo.

## Literatura Citada

- Aguirre-Mancilla C. L., Iturriaga De La F. G., Ramírez-Pimentel, J.G., Covarrubias-Prieto J., Chablé-Moreno F., Raya P. J. C. 2017. El chile (*C. annum* L.), Cultivo de producción de la semilla, Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 5: 19-27.
- Aguilera-Gomez L.; Davies F.T.J.; Olalde-Portugal V.; Duray S.A.; Phavaphutanon L. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L.cv San Luis). Photosynthetica, 36:441-449
- Alarcón A.; Davies J. F. T.; Egilla J N.; Fox T. C.; Estrada-Luna A. A. and Ferrera-Cerrato R. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. Revista Latinoamericana de Microbiología, 44: 31-37
- Dufault R. J. y Schultheis, J. R. 1994. Bell Pepper Seedling Growth and Yield following Pretransplant Nutritional Conditioning. HortScience 29:999-1001
- Olivares S. E. 2013. Programa de diseños experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

## FERTILIZACIÓN DE PLÁNTULA DE PEPINO EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN CALERA ZACATECAS, MÉXICO

Laura Janeth Martel Vázquez<sup>1</sup> Manuel Reveles-Hernández<sup>2\*</sup>, José Ángel Cid-Ríos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica de Agronomía- Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Zacatecas-Guadalajara Km. 15.5, Cieneguillas, Zacatecas, Zac. CP 98170. <sup>2</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

El manejo integrado de la nutrición es considerado el factor principal para el crecimiento y desarrollo de plántula desarrollo general del cultivo (Nieves et al. 2018). La calidad de los frutos del pepino, así como los parámetros que sirven para su valoración, están estrechamente relacionados con el manejo que se proporcione a la nutrición mineral durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo, lo anterior reviste vital importancia al dado que el producto cosechado y comercializado es considerado una fruta inmadura la cual tiene un elevado nivel de consumo en México ya sea como fruta fresca o procesada. Esta cucurbitácea se cultiva en casi todo el mundo y su consumo está relacionado con el aprecio del consumidor por su alto contenido de agua y pocas calorías, además contiene vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, vitamina C, y minerales (Barraza, 2015). Su alta demanda de consumo lo ubica como la cuarta hortaliza más importante del mundo (Barraza, 2015), y México, ocupando el tercer lugar como exportador (FAO, 2009).

Para mantener las plantas en óptimas condiciones es necesario que se nutrición balanceada desde la etapa de plántula, de tal manera que también la nutrición proporcionada la relación entre nutrientes sea de manera óptima (Ingested, 1972). Cuando se aplican los nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos de manera óptima se permite que la planta exprese su máximo potencial productivo y se logra mayor eficiencia en el proceso productivo al evitar aplicaciones excesivas o la presencia de deficiencias en la planta que demeriten su productividad (Barraza, 2017).

El uso de nutrientes como el fosforo favorece el desarrollo de raíces de tal manera que favorecen el arraigo de la plántula al momento del trasplante por lo que su uso en las soluciones nutritivas aplicadas en el desarrollo de la plántula de pepino debe ser debidamente dosificado (Nieves-González et al., 2018).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y desarrollo de la pantufla de pepino en seis dosis de fertilización en condiciones de invernadero.

## 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 Pecuarias, 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 utilizó pepino del híbrido Cobra, la siembra se realizó en charolas de polietileno de 200 cavidades con un volumen de 20 ml por cavidad, usando aproximadamente 3.5 litros de sustrato por charola de la marca Sunshine número 3.

Se establecieron seis dosis de fertilización (Cuadro 1) distribuidas en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, La unidad experimental consistió en una charola de 200 cavidades.

Cuadro 1. Relación de tratamientos evaluados en la producción de plántula de pepino en condiciones de invernadero, expresados en mg/litro de solución nutritiva usada para riego.

Tratamiento	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
1	0	0	0	0	0
2	200	26	150	18	18
3	100	200	150	0	0
4	200	26	150	0	0
5	200	26	150	18	0
6	200	26	150	0	18

Cuando aparecieron las primeras hojas verdaderas se inició la fertilización con las dosis a evaluar, auxiliados por una regadera de jardinería (de mano) se aplicaron 330 mililitros de solución por cada charola, seguido de una segunda aplicación de agua de riego para lavar el follaje y favorecer que la solución llegara al sustrato.

Después de la primera semana de la aplicación de solución nutritiva se realizó un muestro seleccionando cinco plantas consecutivas con competencia completa, a las plantas seleccionadas se les midió la altura auxiliados de una regla graduada en centímetros, además se deprendieron las hojas de cada planta y se midió el área foliar por planta usando un integrador de área foliar marca Li-Cor Modelo 3100.

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 2 se muestran los resultados del análisis de varianza que reporta diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluado sobre la altura de las plantas; en el cuadro 3 se muestran los resultados de la comparación de medias para la altura de plantas sometidas a los tratamientos de fertilización, los tratamientos 5, 6 y 4 resultaron estadísticamente más altos que el resto de los tratamientos, sin embargo sobresale el tratamiento 5 cuya dosis de fertilización fue 200-26-150-18-0, expresada en Mg/litro de N,P, K, Ca y Mg aplicado en el agua de riego, los tres tratamientos sobresalientes coinciden en una dosis alta de nitrógeno y potasio.

Cuadro 2. Análisis de varianza para altura de plántula de pepino con seis dosis de fertilización en condiciones de invernadero a los 26 días después de la siembra.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamiento	5		102.778	20.556	28.871	0.000
Bloques	3		6.543	2.181	3.063	0.060
Error	15		10.680	0.712		
Total	23		120.001			

Cuadro 3. Comparación de medias para altura de plántula de pepino con seis dosis de fertilización en condiciones de invernadero a los 26 días después de la siembra.

Tratamiento	Media	0.05
5	15.545	a
6	14.950	ab
4	14.610	ab
2	13.140	bc
3	9.270	c
1	1.271	d
DMS=	1.271	

Al realizar el análisis de varianza para el área foliar se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos de fertilización, como se muestra en el cuadro 4; la comparación de medias para esta misma variable agrupa a los tratamientos 4, 6, 2 y 3 como superiores a los tratamientos 1 y 5, los tratamientos sobresalientes en área foliar son los que contienen altas cantidades de nitrógeno y potasio en la solución nutritiva usada en el agua de riego.

Cuadro 4. Análisis de varianza para área foliar en planta de pepino con seis dosis de fertilización en condiciones de invernadero a los 26 días después de la siembra.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
Tratamiento	5		304.150	60.830	7.538	0.001
Bloques	3		27.978	9.326	1.156	0.359
Error	15		121.043	8.070		
Total	23		453.171			

Cuadro 5. Comparación de medias para área foliar planta de pepino con seis dosis de fertilización en condiciones de invernadero a los 26 días después de la siembra.

Tratamiento	Media	0.05
4	0.216	a
6	0.189	ab
2	0.175	abc
3	0.174	abc
5	0.164	bc
1	0.138	c
DMS=	0.043	

Los resultados encontrados tienen relación con los reportados por Barraza (2017), quien reporta mayor crecimiento de plantas de pepino a mayor concentración de nutrientes en la solución nutritiva.

### Conclusiones

Los resultados demuestran que existe una respuesta notoria a la aplicación de altas dosis de nitrógeno en la solución nutritiva.

No se encontró interacción entre la aplicación de nitrógeno y magnesio aplicado en la solución nutritiva usada en el riego y la altura de las plantas y área foliar evaluadas.

Faltó analizar datos de otros parámetros de crecimiento que se obtuvieron, pero no se incluyeron en este estudio.

### Literatura Citada

- Barraza-Álvarez F. V. 2015. Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*. 9: 60-71.
- Barraza F. V. 2017. Absorción de N, P, K, Ca y Mg en cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema hidropónico. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 11: 343-350
- Ingested, T. 1972. Mineral nutrient requirements of cucumber seedlings. *Plant Physiol*. 52:332-338
- Nieves-González, F.; Aburto-González, C. A.; Alejo-Santiago, G.; Juárez-Rosete, C. R.; Bugarín-Montoya, R.; Juárez-López, P.; Sánchez H., E. 2018. Nutrición fosfatada en producción de plántulas de pepino y chile habanero. *Interciencia*, 43: 516-520
- Olivares S. E. 2013. Programa de diseños experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

## **DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE ÁCIDO ABCSÍICO EN NUEZ PECANERA CON PROBLEMAS DE VIVIPARIDAD MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE CAPA FINA**

Rocio Maldonado Cervantes<sup>1</sup>, Mayela Rodríguez-González<sup>2\*</sup>, Jesús G. Arreola-Ávila<sup>2</sup>, Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1</sup>, Cayetano Navarrete-Molina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo, Ctera. Federal Panamericana Km. 159.4 Colonia ETA, C.P. 35760 Rodeo, Durango, Méx. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Ctera. Torreón-Chihuahua. CP 35230 Bermejillo, Dgo. \*Autor de correspondencia: maye.rodriguez@chapingo.uruz.edu.mx

### **Introducción**

La nuez pecanera es un fruto seco de gran relevancia en el norte de México y sur de los Estados Unidos, abarcando el 95% de la producción mundial (Ojeda et al., 2010). En el norte de México es uno de los frutales más importantes, con una superficie sembrada de 144, 653.41 ha y una producción total de 164, 651.52 t (SIAP, 2021). Las huertas de nogal pecanero en el norte de México se desarrollan bajo un clima tipo desértico (Sandoval et al., 2010) y restringida disponibilidad de agua, lo que ocasiona problemas fisiológicos (brotación irregular, caída de flores y frutos, y viviparidad) que afectan considerablemente el rendimiento y calidad de la nuez (Reyes & Urrea, 2016). La viviparidad se presenta como un mecanismo de sobrevivencia que han desarrollado las especies nativas, para asegurar su perpetuidad; consiste en la continuación del crecimiento de la semilla (germinación) al momento de alcanzar la maduración del fruto, aun cuando éste se encuentra en el seno de la planta madre (Lagarda, 2012). Una de las características que desarrolla la viviparidad en la nuez es la de un sabor desagradable en la almendra, disminuyendo la calidad del fruto y por consecuencia, su valor económico. Dicho fenómeno es resultado de una relación de factores de tipo genético-ambiental que coinciden con la germinación de la nuez antes de la cosecha (Lagarda, 2007).

Una de las hormonas vegetales más estudiada en relación con estrés ambiental (sequía, temperatura, humedad y salinidad) es el ácido abscísico (ABA), el cual regula la respuesta a dicho estrés durante el crecimiento y desarrollo de las plantas y semillas. La respuesta a ABA depende de su concentración en el tejido, así como la sensibilidad de éste a la hormona (Ortiz et al., 2001). Estudios realizados en el Norte de México han generado resultados en el comportamiento del ABA como promotor de la dormancia en las semillas, favoreciendo la latencia de estas e inhibiendo la germinación en las fases de desarrollo del fruto (Martínez et al., 2014). Dada la importancia de conocer la presencia y relación del ABA durante la germinación prematura de la nuez pecanera, el objetivo de este trabajo fue estandarizar la técnica para la extracción de dicha fitohormona y su análisis cualitativo por cromatografía de capa fina.

## Materiales y Métodos

En el presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Microbiología General de la Universidad Tecnológica de Rodeo Durango. Para la extracción de ABA, se utilizaron frutos de nogal pecanero cv. Western, de 48 años de edad, con evidencias de germinación y frutos de calidad comercial durante la etapa de cosecha del ciclo productivo 2020. En el método empleado para la extracción y determinación cualitativa del ABA, se consideraron las técnicas utilizadas por algunos autores (Kelen et al., 2004; Ortiz et al., 2001; Castillo et al., 2007 y Martínez, 2014). El proceso para detectar la presencia de ABA, se tomó 10 g de tejido fresco (nuez descascarada) y se homogenizó en una licuadora convencional con 50 mL de metanol/agua con una proporción (70/30). Enseguida se colocó en oscuridad y se agitó durante 12 horas a 4°C. Posteriormente se filtró y se concentró en un rotaevaporador (Science MED RE100-Pro) a 40 °C, hasta la evaporación del metanol. El pH del residuo acuoso se ajustó a 8.5 y se lavó en tres ocasiones con 20 mL de acetato de etilo. Nuevamente se ajustó el pH a 2.5 y se lavó en tres ocasiones con cloroformo. Por último, el extracto se llevó a sequedad y reconstruyó con 2 mL de fase móvil (fosfato de potasio 0.1 M/metanol 80:20). El extracto se corrió en una placa de gel de sílice, teniendo como fase móvil cloroformo: etanol 70% (1:1) y como patrón de referencia una solución estándar de ácido abscísico.

## Resultados y Discusión

En la investigación realizada se logró estandarizar la técnica para la extracción de ácido abscísico a partir de nuez pecanera. En cuando al análisis cualitativo, la cromatografía de capa fina permitió detectar la presencia de ABA en las muestras analizadas. Se lograron obtener valores de referencia (Rf) que coinciden con el estándar de ácido abscísico (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ortiz et al. (2001), quienes determinaron la presencia de ácido abscísico en papa (*Solanum sp*) como respuesta a bajas temperaturas reportando valores de referencia para el ácido abscísico de 0.5 a 0.9. Así mismo, Díaz (1985) reportó Rf de 0.5 en hojas de café (*Coffe arábica L.*). Lo anterior permite concluir que los niveles de ABA son suficientemente altos para ser detectados por el método de extracción aplicado.

Cuadro 1. Factor de referencia en muestras de nuez pecanera.

Muestra	Rf
Estándar ABA	0.47
1	0.43
2	0.44
3	0.48
4	0.40
5	0.43

## Conclusiones

La técnica de evaporación bajo presión reducida que se utilizó para la obtención de ácido abscísico, resultó ser un procedimiento fácil, seguro y adecuado para la extracción de ácido abscísico en muestras de nuez pecanera.

## Literatura Citada

- Castillo, G., Ortega, G., Carabeo, V., Delgado, G., & Michelena, G. (2007). Determinación cualitativa de giberelinas y auxinas por cromatografía de capa fina. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 41(1), 12-17.
- Díaz M. M. (1985). Determinación de inhibidores en hojas de café (*Coffea arábica* L.). *Cultivos Tropicales*, 7(3).
- Kelen, M., Demiralay, E. C., Sen, S., & Alsancak, G. Ö. (2004). Separation of abscisic acid, indole-3-acetic acid, gibberellic acid in 99 R (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) and rose oil (*Rosa damascena* Mill.) by reversed phase liquid chromatography. *Turkish Journal of Chemistry*, 28(5), 603-610.
- Lagarda M., A. (2012). La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). Memoria científica, XIII Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Sonora. Pp.58.
- Lagarda M., A. (2007). La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). Memoria científica, Seminario de Nogal Pecanero 2007. Hermosillo, Sonora. Pp.9-17.
- Martínez T., M. A. (2014). Alternativas para el control de la germinación (viviparidad) en la nuez, en la región costera del Estado. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Hermosillo, Sonora.
- Ojeda B., D. L., Arras V., A. M., Hernández R., O. A., López D., J. C., Aguilar V., A. y Degollado B., F. G. 2010. Análisis FODA y perspectivas del cultivo del nogal pecanero en Chihuahua. *Rev. Mex. de Agronegocios*, 27, 348-359.
- Ortiz, L. Y., López, A., de Encizo, C. G., & Flórez, V. J. (2001). Determinación del ácido abscísico en papa (*Solanum* sp.) como respuesta a bajas temperaturas. *Agronomía Colombiana*, 18(1-3), 31-38.
- Reyes V., N. C. y Urrea L., R. (2016). Retos y Oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ). Guadalajara, Jalisco.
- Sandoval R., F. S., Arreola A., J. G., Lagarda M., A., Trejo C, R., Esquivel A., O. y García H., G. (2010). Efecto de niveles de NaCl sobre fotosíntesis y conductancia estomática en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch]. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9,135-141.
- SIAP. (2021). Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351).

## DISEÑO DE PRIMERS PARA PCR DE PUNTO FINAL RELACIONADOS CON LA VIVIPARIDAD DE LA NUEZ PECANERA (*Carya illinoensis*)

Mayela Rodríguez-González<sup>1\*</sup>, Jesús Guadalupe Arreola-Ávila<sup>1</sup>, Verónica Ávila-Rodríguez<sup>2</sup>, Fabian García González<sup>1</sup>, Jesús Josafath Quezada-Rivera<sup>2</sup>, María del Socorro Mota-Ituarte<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. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Frac., Universidad, Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: maye.rodriguez@chapingo.urza.edu.mx

### Introducción

El nogal pecanero es uno de los árboles más rentables en México (Corral, 2008); corresponde a uno de los cultivos de mayor importancia económica en el Norte de México y sur de los Estados Unidos. La producción de nuez es una de las actividades agrícolas principales en el norte de México, y es considerada como una especie con buena relación beneficio-costo. Actualmente, es uno de los frutales más importantes que se cultivan en regiones con condiciones extremas de alta temperatura y baja precipitación durante todo el año; lo que ocasiona problemas como la viviparidad que afectan el rendimiento y calidad de la nuez. La viviparidad, consiste en la continuación del crecimiento de la semilla (germinación) al momento de alcanzar la maduración del fruto, aun cuando éste se encuentra en el seno de la planta madre (Lagarda, 2012). Debido a la importancia económica de *Carya illinoensis*, se han realizado varias investigaciones (Dardón, 2007; Godoy et al., 2005; Rodríguez, 2018) referentes al control de la viviparidad en la nuez, sin embargo, a nivel genético aún no se ha estudiado la expresión de genes relacionados a dicho fenómeno.

Las hormonas vegetales como el ácido abscísico (ABA) y giberelinas (GAs), se ven involucradas en diferentes procesos fisiológicos de las plantas y pueden actuar como reguladores endógenos controlando diversos procesos del desarrollo de las plantas superiores como la germinación, la elongación del tallo, expansión de hojas, desarrollo de los tricomas y la inducción de flores y frutos (Serrani, 2008). Sin embargo, aunque estas hormonas, tienen un papel relevante en la germinación de semillas aún se desconocen la mayoría de los mecanismos implicados en su actuación. Las rutas de biosíntesis del ABA y las GAs involucra la participación de muchas enzimas que intervienen en la síntesis de un compuesto a partir de otro, la expresión de genes que codifican para estas enzimas depende en gran parte del medio ambiente y condiciones de estrés en que se encuentre la planta. Con el empleo de diferentes técnicas como son: cromatografía, electroforesis de proteínas, Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), secuenciación de genes y de transcriptomas, se ha logrado identificar muchas de las enzimas que participan en estos procesos metabólicos (Alvarenga et al., 2014).

Mediante estudios genéticos es posible identificar y conocer la expresión de genes que estén relacionados con la viviparidad de la nuez, sin embargo, aún es limitada la información existente. Para analizar si estas fitohormonas están involucradas en la viviparidad de la nuez a nivel genético, es necesario realizar un correcto diseño de primers que garanticen la amplificación de fragmentos involucrados en dicho fenómeno. Por lo tanto, en el presente trabajo se realizó el diseño de primers para el estudio molecular cualitativo de la viviparidad en nuez, a través de la secuencia genómica de *Carya illinoensis* y el uso de herramientas bioinformáticas.

## **Materiales y Métodos**

Se utilizó la secuencia del genoma completo de *Carya illinoensis* cultivar 87MX3-2.1 (Platts et al., 2021) obtenida a través del GenBank en el Centro de Información para Biotecnología (NCBI). A partir de esto se obtuvieron un total de seis genes que codifican para las enzimas ácido abscísico y giberelinas, además del gen de referencia actina.

El diseño de los primer fue a través de la plataforma online IDT (Integrated DNA Technologies), disponible en PrimerQuest Tool | IDT (idtdna.com). De los primers creados se seleccionaron aquellos que cumplían con las características convenientes: tamaño del producto amplificado, temperatura de alineamiento y contenido de guaninas y citosinas. Una vez elegidos, se procedió al análisis de calidad para descartar la formación de estructuras secundarias del cebador, mediante el software OligoEvaluatorTM (<http://www.oligoevaluator.com/LoginServlet>).

Posteriormente se realizó la validación de estos genes mediante la amplificación de DNA de nuez germinada y nuez madura. Se realizó una prueba de PCR de punto final con la enzima Taq Polymerase de Jena Bioscience con las especificaciones del fabricante cambiando solamente la temperatura de alineamiento. Los productos amplificados obtenidos fueron separados en un gel de agarosa al 1%, teñidos con gel red, a 75 volts durante 45 minutos. Se visualizaron con luz ultravioleta en un fotodocumentador (Transiluminador UVP® MultiDoc It Imaging System).

## **Resultados y Discusión**

Con base en el análisis realizado a partir del transcriptoma de *Carya illinoensis* y datos referentes a las enzimas de ABA y GAs se lograron diseñar siete pares de primers candidatos para el análisis de la viviparidad en nuez pecanera. De estos, cuatro corresponden a la síntesis de ácido abscísico, dos a la síntesis de giberelinas y un gen constitutivo (Cuadro 1). De acuerdo con los resultados obtenidos de la validación se tiene la certeza de que el diseño de primer fue adecuado (Figura 1). La amplificación de los primer diseñados muestra bandas de buena intensidad y corresponden al tamaño esperado de cada producto, presentando una alta especificidad.

Cuadro 1. Descripción de los primers diseñados para amplificar los genes que codifican para las enzimas ABA y GA.

Nombre	Enzima	Secuencia	Tm (°C)	% GC	Tamaño esperado del producto (pb)
GA3ox1-F	Giberelina	CTGTCCACCTGTGCCATAAA	55.0	50.0	398
GA3ox1-R		CGAGCCTACGACGGTAAATC	55.2	55.0	
GA2ox2-F	Giberelina	CATCATTGGCTGGCAGATTTT	54.6	47.6	243
GA2ox2-R		TGGGAGGTTTAAGAGTGTGAAG	54.3	45.5	
ABA 8H-F	Ácido abscísico	GAGAGAGAGAGGTGCTACATTTG	54.7	47.8	206
ABA 8H-R		ATGTTTGGGTCTTGAGAGTAGAG	54.0	43.5	
AOG-F	Ácido abscísico	CTTACCTTCTCCACTCGATT	54.6	45.5	277
AOG-R		GGACAGAAGGCTTGGGTATAG	55.0	50.0	
ZEP-F	Ácido abscísico	GAAACTTGGGCAAAGGGAATG	54.7	47.6	258
ZEP-R		CTTGTTGTACCCACCTGATAG	54.9	50.0	
ABA2-F	Ácido abscísico	CCCTCCTTATACGCACTGTAAC	54.9	50.0	333
ABA2-R		TCCTCAGCAACCTCCAATC	54.8	50.0	
Actina-F	Actina	CGATGCCCTGAGGTTCTATTC	55.0	52.0	266
Actina-R		GATCCTCCAATCCAGACACTATAC	54.3	45.8	

Tm: Temperatura de alineamiento, %GC: porcentaje de Guanina y Citosina, pb: pares de bases

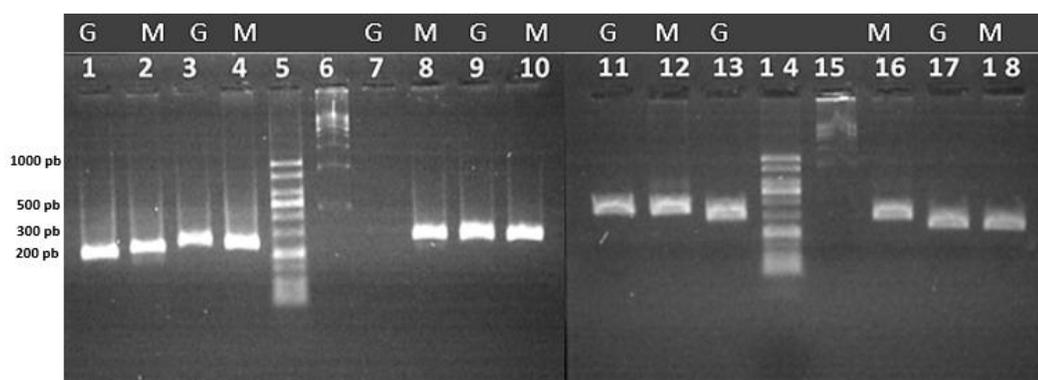


Figura 1. Amplificación de muestras de ADN de nuez pecanera germinada (G) y madura (M), con los primers ABA 8H (pocillo 1 y 2), GA2 ox2 (pocillo 3 y 4), ZEP (pocillo 7 y 8), Actina (pocillo 9 y 10), GA3ox1 (pocillo 11 y 12), ABA 2 (pocillo 13 y 16) y AOG (pocillo 17 y 18). Pocillo 5 y 14 corresponden al marcador de bajo peso molecular de 50 pb y pocillo 6 y 15 corresponden al marcador de peso molecular de 500 pb ambos de Jena Bioscience.

## Conclusiones

Se logró diseñar siete pares de primers para *Carya illinoensis*, que amplifican posibles genes de enzimas relacionadas con la germinación prematura de la nuez pecanera.

La especificidad mostrada por los primers utilizados manifiesta el diseño correcto de dichos primers. Ambos tipos de muestra (nuez germinada y nuez madura) lograron la amplificación esperada para cada primer diseñado, excepto en la nuez germinada para el gen ZEP relacionado con el ácido abscísico.

La información descrita en este trabajo sirve de base para futuras investigaciones más amplias sobre la expresión de genes implicados en la germinación prematura de la nuez.

## Literatura Citada

- Alvarenga V. S., Hernández S. A., Valerín B. K. y García G., D. (2014). Búsqueda de Genes de Uña de Gato (*Uncaria tomentosa*) mediante diseño bioinformático de primers basados en los datos obtenidos por microarreglos heterólogos de *Arabidopsis thaliana*. Centro de Investigación en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Corral L., A. (2008). Actividad fotosintética en diferente posición de la copa y periodos del día en nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch) en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. URUZA-UACH. Bermejillo, Durango.
- Dardón Alemán, R. E., Murrieta, I., & Ángel-Asesor, P. H. D. (2007). Control de la viviparidad de la nuez pecanera mediante el uso de reguladores de crecimiento. UAAAN UL-Torreón, Coahuila. México. 73 p.
- Godoy-Ávila, C., Xopiyaxtle-Jarquín, Z., Reyes-Juárez, I., & Torres-Estrada, C. A. (2005). Comportamiento hídrico de hojas y frutos de nogal pecanero y su relación con la calidad y germinación de frutos. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 505-513.
- Lagarda M., A. (2012). La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad). Memoria científica, XIII Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Sonora. Pp.58.
- Platts, A., Shu, S., Wright, S., Barry, K., Edger, P., Pires, J. C. and Schmutz, J. (2021). WGS assembly of *Carya illinoensis* cv. Oaxaca. Genomics, DOE Joint Genome Institute, 1 Cyclotron Road, Berkeley, CA 94720, USA.
- Rodríguez G., M. (2018). Nivel de humedad del suelo y germinación prematura en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] en el norte de México. Tesis de Maestría. URUZA-Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango
- Serrani, J. C. (2008). Interacción de Giberelinas y Auxinas en la Fructificación del Tomate. Tesis doctoral realizada en el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP-UPV-CSIC).

## EVALUACIÓN DE PROTOCOLOS DE EXTRACCIÓN DE RNA TOTAL DE *Aloe vera* SOMETIDO A ESTRÉS SALINO Y DÉFICIT HÍDRICO

María S. Mota-Ituarte<sup>1</sup>, Mayela Rodríguez González<sup>1</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1\*</sup>,  
José Rafael Minjares-Fuentes<sup>2</sup>, J. Josafath Quezada-Rivera<sup>3</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>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Artículo 123 s/n. Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35010. <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas, Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia CP. 35010 Gómez Palacio, Durango. México. Gómez Palacio, Durango, México. C.P. 35010. \*Autor de correspondencia: apedroza@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

El ácido ribonucleico (RNA) es una macromolécula esencial en varios procesos biológicos, su importancia radica en su función como plantilla para la síntesis de proteínas y catalizar reacciones biológicas. Importammentemente, el ARN aislado es ampliamente utilizado en una serie de ensayos de biología molecular, incluido el análisis de expresión génica a través de la reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa de transcripción reversa (RT-qPCR) (Toni et al., 2018). Sin embargo, los datos de expresión génica precisos y fiables se basan en la extracción adecuada de ARN purificado y de alta calidad. Por tanto, un RNA limpio e intacto es importante para los estudios genómicos funcionales; y sí se parte de tejidos vegetales se complica por los altos niveles de polifenoles y polisacáridos que se unen y/o precipitan con él (Gehrig, Winter, Cushman, Borland, & Taybi, 2000). En este sentido, el *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* M.) es una planta medicinal valiosa. Su hoja y su gel en particular se utilizan ampliamente para el cuidado de la piel y en aplicaciones médicas. Sin embargo, el estrés abiótico y puede afectar negativamente las características morfológicas de la planta, así como la calidad y cantidad de sus compuestos fitoquímicos (Asghari & Ahmadvand, 2018). Las plantas de *A. vera* pueden haber adquirido genes específicos esenciales para la tolerancia al estrés durante el curso de su evolución. Encontrar tales genes puede influir enormemente en la productividad agrícola en el futuro, porque el estrés abiótico es un factor importante que limita el crecimiento y la productividad de las plantas en todo el mundo. El objetivo del presente fue comparar métodos simples y efectivos para aislar RNA de alta calidad de las hojas de *A. vera* en un ambiente de laboratorio, y obtener suficiente para usar en experimentos posteriores.

### Materiales y Métodos

#### *Material vegetal y procesamiento de las muestras*

Las plantas de *A. vera* (*Aloe barbadensis* M.) fueron obtenidas de la Unidad Regional de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma de Chapingo (Durango, México) (25°52'28" LN y 103°37'07" LO). Éstas estuvieron en condiciones de malla sombra y fueron tratadas con soluciones de 20 y 80 mM de NaCl, durante tres meses (enero a marzo 2020) para inducir estrés salino.

Además, a la par de las soluciones salinas, se mantuvieron dos niveles de humedad edáfica, alta (HA) 16-21%, y baja (HB) 10-15%, respectivamente. Después de los tratamientos, las plantas se lavaron minuciosamente con agua destilada y se seccionaron las hojas por separado. Las muestras se congelaron inmediatamente en nitrógeno líquido y se almacenaron a -20 °C, hasta que se extrajo el RNA de la penca, evitando la contaminación con el muclágo de la planta. Los tejidos se molieron hasta obtener un polvo fino verde opaco usando un mortero y nitrógeno líquido. Para cada protocolo se evaluaron 4 muestras.

#### *Aislamiento de RNA*

##### *Protocolo A. Kit comercial RNeasy®*

Se llevó a cabo la extracción de RNA por medio del kit RNeasy® Plant (Quiagen, Hilden, Germany) para plantas y semillas, incluidas aquellas con alto contenido de polifenoles y polisacáridos, usando el protocolo recomendado por el fabricante.

##### *Protocolo B. Método de Mattison et al. (2017).*

El RNA total se aisló de la corteza de *A. vera* utilizando éste protocolo desarrollado para materiales vegetales recalcitrantes.

##### *Protocolo C.*

Extracción de RNA de Rubio-Piña and Zapata-Pérez (2011) con modificaciones.

Aproximadamente 100 mg de cada tejido triturado de *A. vera* se transfirieron a tubos de centrifuga de 1.5 mL. Se añadieron 700 µL de buffer de extracción CTAB (2% p/v de CTAB, 2% p/v PVP, Tris-HCl 100 mM pH 8, EDTA 25 mM, NaCl 2 M, espermidina al 0.05%) y 100 µL de β-mercaptoetanol. La mezcla se agitó durante 30 segundos y luego se incubó a 65 °C durante 10 minutos, invirtiendo el tubo 3-4 veces de vez en cuando durante la incubación. Luego, se agregaron 500 µL de cloroformo, la mezcla se agitó durante 30 segundos. Posteriormente la mezcla se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min a 4 °C. El sobrenadante se transfirió a un tubo nuevo. A continuación, se añadieron 500 µL de fenol / cloroformo / alcohol isoamílico (25:24:1) y se agitó durante 30 segundos. La mezcla se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min a 4 °C. El sobrenadante se transfirió a un tubo nuevo y se añadió un volumen igual de cloroformo / alcohol isoamílico (24: 1). Las muestras se agitaron durante 30 segundos y se centrifugaron a 10,000 rpm durante 10 minutos a 4 °C. El sobrenadante final se transfirió a un tubo nuevo y se agregó 1/3 del volumen de LiCl 10 M y se mantuvo a 4 °C durante la noche. A continuación, las muestras se centrifugaron a 10,000 rpm durante 20 min a 4 °C. El pellet se lavó con etanol al 96 % y al 70%. Después de un breve tiempo de secado a temperatura ambiente, el pellet se disolvió en 25 µL de agua DEPC.

Todos los reactivos y materiales fueron tratados con Dietil pirocarbonato de al 0.1% (DEPC) estéril. Los buffers fueron purificados con filtros de 0.22 µm de poro y 25 mm de diámetro estériles.

### *Cuantificación y evaluación del RNA extraído*

El RNA se cuantificó en un espectrofotómetro NanoDrop® 2000 Thermo Scientific. Se determinaron las relaciones 260/280 y 260/230 para evaluar la presencia de proteínas o compuestos fenólicos. La integridad del RNA se verificó mediante electroforesis en un gel de agarosa al 1 %, compuesto por agua DEPC, MOPS y formaldehído al 37%. La electroforesis se realizó a 50 V durante 45 min. El gel se visualizó bajo luz ultravioleta en un fotodocumentador UVP® MultiDoc It Imaging System. La prueba HSD de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) fue usada como análisis post-hoc. Los datos fueron analizados a través de un modelo lineal con el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0.

### **Resultados y Discusión**

Con la reproducción de las metodologías de extracción de RNA en *A. vera* descritas anteriormente no se encontraron diferencias estadísticas en la concentración (ng/ $\mu$ l) del aislado entre los tres protocolos, sin embargo, el protocolo C de Rubio Zapata logra una extracción con concentración mayor Rubio-Piña and Zapata-Pérez (2011).

De acuerdo a la relación  $A_{260/280}$  hay diferencia estadística entre protocolos, dicha relación es un indicador directo del nivel de pureza de la muestra. Particularmente, las extracciones con el kit RNeasy® (protocolo A) generaron RNA contaminado con compuestos aromáticos ( $A_{260/280} < 1.7$ ; Tabla 1). Respecto a la extracción realizada con protocolo B de Mattison et al. (2017) y C de Rubio-Piña and Zapata-Pérez (2011), se obtuvo RNA de pureza óptima ( $A_{260/280}$  2.0– 2.2.7; Tabla 1), sin embargo, por las concentraciones bajas, no se logra visualizar con claridad en la electroforesis (Fig.1). La relación  $A_{260/230}$  (Tabla 1), para los tres protocolos probados en éste estudio, da como resultado RNA altamente contaminado con polisacáridos, sales y fenoles. En éste no se encontraron diferencias estadísticas entre protocolos.

Características fisiológicas y metabólicas de *A. vera*, como lo son, un alto contenido de polisacáridos (Femenia, Sánchez, Simal, & Rosselló, 1999), la elevada producción de compuestos fenólicos (Jaafar, Ibrahim, & Mohamad Fakri, 2012) y la acumulación de iones tóxicos de  $Na^+$  en las vacuolas (de Freitas, de Souza Miranda, Marques, Prisco, & Gomes-Filho, 2018), como mecanismo defensivo, activados por el estrés hídrico y salino de las plantas usadas como muestras hacen que la extracción de RNA de alta calidad sea una tarea difícil.

De acuerdo con Sánchez-Rodríguez et al. (2008), cuando se emplean kits de extracción de RNA, puede presentarse contaminación por presencia de azúcares residuales al final de la extracción, debido a que los carbohidratos de la muestra pueden establecer interacciones hidrofóbicas con la matriz la cual posee los grupos oligo dT necesarios para la captura de las secuencias terminales polyA<sup>+</sup> del RNA. Los protocolos B y C, emplean pasos sucesivos de extracción, utilizando la capacidad de CTAB de formar sales de amonio con RNA y LiCl, y se complementa con NaCl, bME, espermidina, cloroformo y PVP soluble para eliminar polisacáridos, proteínas y polifenoles, respectivamente (Echevarría-Zomeño, Abril, Ruiz-Laguna, Jorrín-Novo, & Maldonado-Alconada, 2012).

Con esto, los resultados obtenidos no son los esperados en calidad y cantidad de RNA aislado. Se necesitan días para completar el proceso de aislamiento, lo que lo hace lento y por lo tanto no recomendable cuando se manejan grandes cantidades de muestras. A pesar de que el protocolo C obtiene un rendimiento mayor que los otros dos protocolos probados y una pureza aceptable, la contaminación del RNA con reactivos patentados a base de fenol, tiene un impacto negativo en la cuantificación de RNA, pureza y posiblemente en resultados de experimentos posteriores (Toni et al., 2018).

Tabla 1. Cuantificación espectrofotométrica del RNA total extraído de corteza de plantas de *A. vera*.

Protocolo de aislamiento de RNA	Concentración de RNA (ng/μl)	260/280	260/230
A	22.43 ± 12.6 a	1.08 ± 0.15 a	0.25 ± 0.06 a
B	20.95 ± 14.8 a	2.28 ± 0.52 b	0.35 ± 0.13 a
C	31.80 ± 17.3 a	2.05 ± 0.21 b	0.39 ± 0.20 a

Concentración y pureza en valor promedio seguidos de desviación estándar, n=4. ). Diferencias entre medias encontradas mediante Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Valores con la misma letra, dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

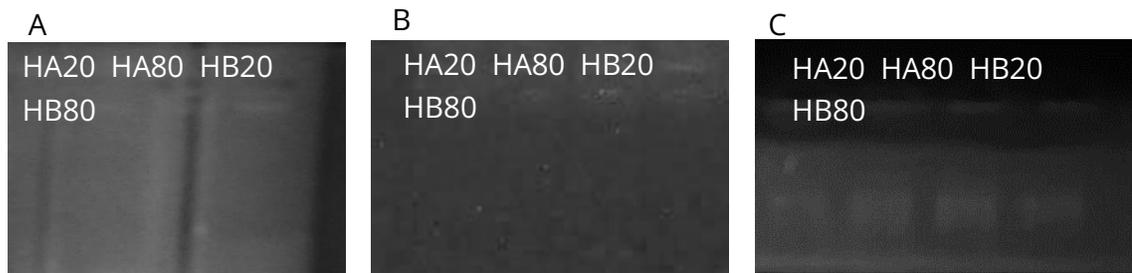


Figura 1. Patrón de bandeo de las muestras de RNA total de corteza de *A. vera* extraídas con tres métodos diferentes. A: Kit RNeasy®, B: Mattison et al. (2017) y C: Rubio-Piña and Zapata-Pérez (2011). Muestras bajo estrés salino (NaCl 20 y 80 mM) y déficit hídrico (HA y HB, 16-21 y 10-15% de la humedad edáfica, respectivamente).

## Conclusiones

En este estudio presentamos una comparación entre 3 métodos diferentes para el aislamiento de RNA total de *A. vera*. Los métodos fueron evaluados con especial énfasis en la calidad del RNA y el rendimiento. Todos los métodos probados extraen RNA con rendimiento bajo y calidad similar. Por lo que se recomiendan modificaciones o adaptaciones para mejores resultados. Dado que los diferentes métodos de extracción se mostraron constantes en el rendimiento, es de gran importancia elegir el método ideal, o en su defecto estandarizar dichos protocolos para garantizar RNA de alta calidad para posteriores análisis down stream. Desarrollar métodos simples y efectivos para aislar RNA de alta calidad es tan determinante como el obtener suficiente para usar en experimentos posteriores. La contaminación del RNA con reactivos usados durante la extracción y componentes propios del material vegetal de estudio, tienen un impacto negativo sobre el mismo.

## Literatura Citada

- Asghari, R., & Ahmadvand, R. (2018). Salinity Stress and its impact on Morpho-Physiological Characteristics of Aloe Vera. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 41(1).
- de Freitas, P. A. F., de Souza Miranda, R., Marques, E. C., Prisco, J. T., & Gomes-Filho, E. (2018). Salt tolerance induced by exogenous proline in maize is related to low oxidative damage and favorable ionic homeostasis. *Journal of plant growth regulation*, 37(3), 911-924.
- Echevarría-Zomeño, S., Abril, N., Ruiz-Laguna, J., Jorrín-Novo, J., & Maldonado-Alconada, A. M. (2012). Simple, rapid and reliable methods to obtain high quality RNA and genomic DNA from *Quercus ilex* L. leaves suitable for molecular biology studies. *Acta physiologiae plantarum*, 34(2), 793-805.
- Femenia, A., Sánchez, E. S., Simal, S., & Rosselló, C. (1999). Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydrate Polymers*, 39(2), 109-117. doi:[https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00163-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00163-5)
- Gehrig, H., Winter, K., Cushman, J., Borland, A., & Taybi, T. (2000). An improved RNA isolation method for succulent plant species rich in polyphenols and polysaccharides. *Plant molecular biology reporter*, 18(4), 369-376.
- Jaafar, H. Z., Ibrahim, M. H., & Mohamad Fakri, N. F. (2012). Impact of soil field water capacity on secondary metabolites, phenylalanine ammonia-lyase (PAL), malondialdehyde (MDA) and photosynthetic responses of Malaysian Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth). *Molecules*, 17(6), 7305-7322.
- Mattison, C. P., Rai, R., Settlage, R. E., Hinchliffe, D. J., Madison, C., Bland, J. M., . . . Florane, C. (2017). RNA-Seq analysis of developing pecan (*Carya illinoensis*) embryos reveals parallel expression patterns among allergen and lipid metabolism genes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(7), 1443-1455.
- Rubio-Piña, J. A., & Zapata-Pérez, O. (2011). Isolation of total RNA from tissues rich in polyphenols and polysaccharides of mangrove plants. *Electronic journal of Biotechnology*, 14(5), 11-11.
- Sánchez-Rodríguez, A., Portal, O., Rojas, L. E., Ocana, B., Mendoza, M., Acosta, M., . . . Höfte, M. (2008). An efficient method for the extraction of high-quality fungal total RNA to study the *Mycosphaerella fijiensis*-*Musa* spp. interaction. *Molecular Biotechnology*, 40(3), 299-305.
- Toni, L. S., Garcia, A. M., Jeffrey, D. A., Jiang, X., Stauffer, B. L., Miyamoto, S. D., & Sucharov, C. C. (2018). Optimization of phenol-chloroform RNA extraction. *MethodsX*, 5, 599-608.

## DIAGNÓSTICO DE BRUCELOSIS DE GANADO BOVINO NATIVO DE LA COMARCA LAGUNERA CON CULTIVO DE MUESTRAS DE LECHE, SEROAGLUTINACIÓN CON ROSA DE BENGALA Y RIVANOL SEGÚN LA NOM-041-ZOO-1995

Esteban N. Portillo-Soto<sup>1</sup>, Aurora Martínez-Romero<sup>1\*</sup>, José L. Ortega-Sanchez<sup>2</sup>,  
José J. Alba-Romero<sup>1</sup>, Maribel Cervantes-Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación, Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) Campus Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) Durango, México. <sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango, México. <sup>3</sup>FCQ, Campus Durango Laboratorio de Inmunología e Infectología UJED. \*Autor por correspondencia: auroramtzr@gmail.com

### Introducción

La brucelosis es de las zoonosis bacterianas más frecuentes en todo el mundo (Legesse *et al.*, 2018). Al ser capaz de afectar al animal y al hombre, se considera una antropozoonosis, ya que su agente etiológico hospedado por algunos animales es transmisible a la especie humana. En humanos, puede presentar formas agudas y latentes (Cavalcanti-Soares *et al.* 2015). El género *Brucella* infecta a animales de granja, bovinos, ovinos, caprinos y cerdos (Lou *et al.*, 2018). Sigue siendo un problema de salud pública, especialmente en comunidades rurales (Koyuncu *et al.*, 2018). Se encuentra en América Latina, región del Mediterráneo en Europa, oeste de Asia y en territorio africano. Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Brucella*, Gram (-), intracelular facultativo (Clockaert *et al.*, 2020). La cual puede transmitirse de los caprinos al hombre. Enfermedad que tiene diversas sinonimias, Fiebre Malta, Mediterránea u Ondulante (Wang *et al.*, 2020).

La brucelosis es una enfermedad infectocontagiosa de curso crónico que incide negativamente en la salud afectando al hombre y animales domésticos, fauna silvestre y mamíferos marinos (Miceli *et al.*, 2019). Ocasionando cuantiosas pérdidas económicas al sector ganadero (Cutiño y López, 2020). Debido principalmente a abortos en el último tercio de la gestación, disminución en producción de leche, desecho anticipado del hato, nacimiento de becerras débiles aparentemente normales, positivas a *Brucella abortus* (Carrisoza-Urbina *et al.*, 2014). *B. melitensis*, *B. abortus* y *B. suis* son las especies más virulentas en orden de patogenicidad para el hombre (Sadeghi *et al.*, 2020). Desde la priorización de la brucelosis en 2017, se han realizado esfuerzos para desarrollar una estrategia de control (Sambu *et al.*, 2020).

El conocimiento de la propagación y la prevalencia de la brucelosis es esencial para tomar medidas de control (Díaz-Herrera 2015). Estos organismos pueden sobrevivir y propagarse por medio de alimentos y agua (Carrisoza-Urbina *et al.*, 2014). Debido a su gran capacidad adaptativa para evadir los mecanismos inmunológicos, es una infección de difícil tratamiento, a pesar de no desarrollar evidencia de resistencia al manejo antibiótico establecido (Rodríguez *et al.*, 2014).

La OMS considera que la brucelosis tiene serias implicaciones para la salud, particularmente en segmentos menos favorecidos de la población y en regiones con insuficiente atención sanitaria. *Brucella* puede infectar a múltiples huéspedes, como al humano, animales de granja como ganado bovino, ovino, caprino y porcino (Pelerito *et al.*, 2020). La prevención de la enfermedad en el ser humano está relacionada al control de animales positivos, además de cuidados con alimentos y con el contacto con fuentes de contaminación (Torres-Higuera *et al.*, 2018).

La brucelosis impacta de manera perjudicial a la salud humana y animal, reflejándose en el sector pecuario como grandes pérdidas económicas debido a los abortos, esterilidad y la disminución del rendimiento fisiológico que presentan los animales infectados, mientras que en el sector sociosanitario el contacto con animales enfermos. El consumo de productos cárnicos y lácteos contaminados diseminan la enfermedad entre la población humana, causando un cuadro clínico inespecífico que puede generar enfermedades como: artritis, endocarditis, meningitis y osteomielitis, por mencionar las más comunes. Por lo que el objetivo fue realizar el diagnóstico de brucelosis de ganado bovino nativo de la Comarca Lagunera con cultivo de muestras de leche, seroaglutinación con rosa de bengala y rivanol según la NOM-041-ZOO-1995.

## **Materiales y Métodos**

Tipo de estudio transversal, analítico, comparativo y observacional. Se llevó a cabo en las instalaciones de la FCQ, y en los laboratorios del Centro de Investigación y Diagnóstico en Salud Animal (CIDSA) del Comité de Campaña de la Erradicación de la Tuberculosis Bovina y Brucelosis de la Región Lagunera de Coahuila y Durango, Asociación Civil. A partir del universo que concierne bovinos nativos de la Comarca Lagunera, se seleccionó por casuística a una población de 1600 bovinos hembra adultos lecheros raza Holstein-Friesian de 38 a 48 meses de edad que hubiesen sido inmunizados contra brucelosis sólo con la vacuna RB51 cuya aplicación se haya efectuado en un lapso  $\geq 12$  meses. Las muestras se tomaron a través de la vena coccígea, y se transportaron al CIDSA, donde se procesó para obtención y resguardo de suero bajo congelamiento.

### *Toma, transporte y cultivo de muestras*

Según la OIE (2018), las muestras de leche se recogieron asépticamente después de realizar un lavado y secado de la ubre, así como previa desinfección de pezones utilizando agua tibia con jabón. Cada muestra estuvo compuesta de leche extraída proveniente de todos los cuarterones, el primer chorro de leche fue descartado (despunte) tomándose ~10 mL de leche por cada pezón. Asimismo, el par de guantes empleados por el personal ordeñador antes de la recolección de leche de cada animal se desinfectó con una solución de alcohol 70% para evitar contaminación cruzada. Después de la toma de cada muestra, se depositaron en hieleras previamente enfriadas con compresas de gel congeladas (4 a 10°C).

Centrifugadas y sembradas por técnica de estriado en cajas Petri de vidrio con medio selectivo sólido agar soja-tripticosa (TSA/5% suero fetal bovino (SBE) y 5% CO<sub>2</sub> atm), la caja Petri se seccionó en dos partes, una para la crema y otra para la parte que sedimentó de la muestra después de haber sido sometida a centrifugación. Posteriormente, se incubaron a 37°C/21 d, se realizaron subcultivos en agar *Brucella* y agar TSI a todos aquellos cultivos que dieron un crecimiento bacteriológico positivo consistente con *Brucella* spp 37°C/21 d y al obtener un segundo crecimiento en ambos medios de subcultivo, se realizaron pruebas bioquímicas para detectar la producción de H<sub>2</sub>S (papel con acetato de plomo) y ureasa (método de Christensen), y así confirmar la identificación de *Brucella*. Por otro lado, se consideraron como muestras negativas a *Brucella* spp todos aquellos cultivos que durante el lapso establecido no presentaron crecimiento.

Procedimiento para la prueba Rosa de Bengala (RBT) Reg. SAGARPA: B-0653-009 Aba Test Tarjeta 8% Uso Veterinario PRONABIVE®. En un recipiente se agregó 1 L de agua corriente y 5 mL de cloro concentrado (para las puntillas desechadas). Se encendió el aglutinoscopio verificando que la luz blanca fuera constante y que la lámpara no presente ninguna anomalía. Se colocaron 30 µL de suero problema en cada uno de los cuadrantes de la placa de vidrio de reacciones febriles con 30 µL de antígeno RBT, manteniendo entre ambas alícuotas depositadas una distancia intermedia de ~1 cm en cada uno de los cuadrantes. Se mezcló en forma circular el suero problema con el antígeno utilizando un aplicador de madera. Después a un agitador universal de rotación (oscilador) y se dejó reposando la placa durante 4 min; se registró el tiempo en el cronómetro y fueron observados en el aglutinoscopio, para interpretación de resultados. La placa se lavó con texatrón neutro diluido al 25%. Se procedió a desinfectar con 5 mL del desinfectante (Benzal, etanol al 70%, y cloro).

Procedimiento para la prueba Rivanol (RIV) en placa. Reg. SAGARPA: B-0653-019. Uso Veterinario PRONABIVE® Lote No. 4020289-1. Los tubos Vacutainer® nuevos fueron rotulados con el número de identificación correspondiente a cada microtubo con muestra serológica, utilizándose un marcador indeleble de color negro para este propósito. Se agregaron 400 µL de cada suero problema en los tubos Vacutainer® correspondientes. Posteriormente, 400 µL de solución de Rivanol® en cada tubo, obteniéndose un volumen total de 800 µL, dejando en reposo 20 min, se centrifugo a 2,000 g por 5 min. Empleando 5 cuadrantes por muestra, en una placa de vidrio, se colocaron 80, 40, 20, 10 y 5 µL, se agregó 30 µL de antígeno RIV. Se mezcló aplicador y se colocó la placa en el agitador universal a velocidad media (15 rpm; Hold-on) 12 min. Se observaron e interpretaron resultados (toda muestra que presentó aglutinación a cualquiera de los títulos 1:25, 1:50, 1:100, 1:200 y 1:400 se considera positiva). Con la respectiva desinfección de la placa y área de trabajo.

## Resultados y Discusión

De las 1,600 muestras analizadas se tomó de cada unidad experimental muestra de leche y muestra sanguínea para obtención de suero, resultando un total de 460 cultivos de leche positivo a *Brucella* spp, asimismo, las muestras de suero trabajadas fueron sus precedentes. De las cuales 417 (90.65%) fueron positivas a RBT y 43 (9.35%) negativas. Al procesar RIV, fueron 338 (73.48%) positivas y 122 (26.52%) (Figura 1).

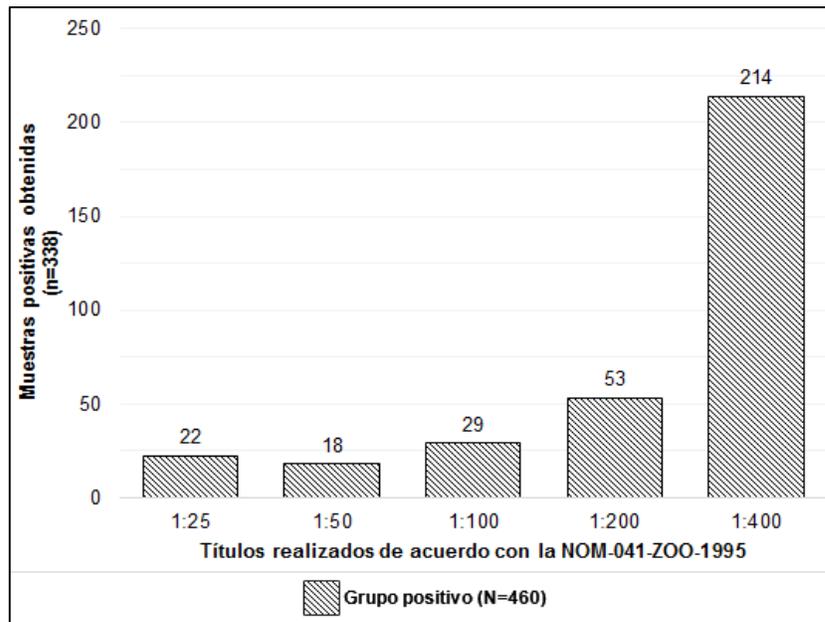


Figura 1. Resultados obtenidos de la prueba RIV clasificados de acuerdo con el título de seroaglutinación, de 460 cultivos de leche positivos *Brucella* spp.

La RBT es una prueba sencilla, cualitativa que permite identificar la presencia de la brucelosis y con ello poder identificar los sueros positivos que son el caso de nuestra investigación; se sigue utilizando como prueba diagnóstica para brucelosis (Assenga *et al.*, 2015; Purwar *et al.*, 2016); también, por su elevada sensibilidad y especificidad, se ha comparado la RBT con el método molecular en el diagnóstico de brucelosis, es una prueba sencilla que permite identificar sueros positivos como en nuestra investigación; como se pudo observar con la investigación realizada por Cevallos-Falquez y colaboradores (2010), realizaron una técnica de PCR convencional obteniendo un valor de sensibilidad del 75% y una especificidad de 92% en comparación con la RBT. Asimismo, en el año 2017 se analizaron 30 muestras de suero sanguíneo de cabras que dieron positivas empleando la RBT, las cuales también resultaron positivas con las muestras de sangre total con el método PCR múltiple, los resultados de la amplificación de las muestras permitieron observar que ninguna de las muestras con RBT negativas presentaron bandas, es decir fueron Rosa de Bengala negativas, PCR múltiple negativas, con lo que se obtuvo una sensibilidad y especificidad del 100%, por lo que, el VPP y el VPN fueron 100% (Cuevas-Jácquez *et al.*, 2017).

## Conclusiones

Se realizó el diagnóstico de brucelosis de ganado bovino nativo de la Comarca Lagunera con cultivo de muestras de leche, seroaglutinación con rosa de bengala y rivanol según la NOM-041-ZOO-1995. El cultivo de leche fue el referente para seleccionar las muestras positivas a brucelosis, descartando por serología con RBT el 9.35%, y por RIV el 26.52%, concluyendo que RIV sigue siendo buen referente para diagnóstico de brucelosis por infección, ya que permite descartar tanto muestras positivas por cultivo positivo en leche como por el diagnóstico en suero por RBT. De 460 muestras positivas a cultivo de leche, se eliminan como positivas por RIV un 26.56%, la prueba serológica RIV para diagnóstico de brucelosis es buen referente para identificar las muestras positivas por vacunación.

## Literatura Citada

- Assenga, J.A., Matemba, L.E., Muller, S.K., Malakalinga, J.J., and R.R. Kazwala. 2015. Epidemiology of *Brucella* infection in the human, livestock and wildlife interface in the Katavi-Rukwa ecosystem, Tanzania. BMC Vet. Res., 11:189.
- Carrisoza-Urbina, I., Medina-Cruz, M., Palomares-Reséndiz, E.G., Díaz-Aparicio, E. 2014. Transmisión de *Brucella abortus* en becerras menores de tres meses diagnosticadas por medio de las pruebas de tarjeta e inmunodifusión radial en dos hatos lecheros del estado de Querétaro. Número especial Vet. Mex., 11-18.
- Cavalcanti-Soares, C., Almeida-Teles, J., Feitosa-Dos Santos, A., Firmino-Silva, S., Rocha-Andrade Cruz, M., and F. Da Silva-Junior. 2015. Prevalencia de la *Brucella* spp en humanos, Rev. Latino-Am. Enfermagem., 23(5):919-926.
- Cevallos-Falquez, O.M., Carranza-Patiño, S., Saucedo-Aguilar, D., Romero-Garaicoa, L., Ramos-Gavilanes, X.,... F. Canchignia-Martínez. 2010. Diagnóstico Serológico (Rosa de Bengala) y Molecular (PCR) de Brucelosis en Humano. Ciencia y Tecnología 3: 27-32.
- Cloekaert, A., Vergnaud, G., and M.S. Zygmunt. 2020. Omp2b Porin Alteration in the Course of Evolution of *Brucella* spp. Front. Microbiol., 11:284.
- Cuevas-Jacquez, R.A., Ortega-Sánchez, J.L., Cervantes-Flores, M., Pérez-Morales, R., Hernández-González, S.I., Alba-Romero, J.J., and A. Martínez-Romero. 2017. Diagnosis of Caprine Brucellosis by Serology and Multiple PCR. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 10(5):82-87.
- Cutiño, J.A.M., and G.T. López. 2020. Marcadores moleculares para la taxonomía e identificación del género *Brucella* (Alphaproteobacteria). Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 39(1).
- Díaz-Herrera D.F., Cruz-Santana Y., and O. Cruz-Sui. 2015. Desarrollo y evaluación del desempeño de una prueba rápida inmunocromatográfica para el diagnóstico de la brucelosis. Rev. Salud Anim., 37(2):105-111.
- Koyuncu, I., A. Kocyigit, A. Ozer, S. Selek, A. Kirit and H. Karsen. 2018. Diagnostic potential of *Brucella melitensis* Rev1 native Omp28 precursor in human brucellosis. Central European Journal of Immunology, 43(1):81-89.
- Legesse, M., G. Medhin, M. Bayissa and G. Mamo. 2018. Knowledge and perception of pastoral community members about brucellosis as a cause of abortion in animals and its zoonotic importance in Amibara district, Afar Region, Ethiopia. Plos One, 13(11): e0206457.
- Lou, L., W. Bao, X. Liu, H. Song, Y. Wang, S. Wang 2018. An Autoimmune Disease-Associated Risk Variant in the TNFAIP3 Gene Plays a Protective Role in Brucellosis That Is Mediated by the NF-kappaB Signaling Pathway. J. Clin. Microbiol., 56(4):1-10.

- Miceli, G.S., Pérez, M.L., Peralta, L.M., and E.C. Mortola. 2019. Detección de anticuerpos contra *Brucella abortus* en perros en contacto con zona rural. Aspectos zoonóticos de la infección. *Analecta Veterinaria*, 39(2):8-14.
- OIE. 2018. *Brucellosis (Brucella abortus, B. melitensis and B. suis)* World Organisation For Animal Health (ed.), Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (Office International des Epizooties: Paris, France).
- Pelerito, A., Nunes, A., Nuncio, M.S., and J.P. Gomes. 2020. Genome-scale approach to study the genetic relatedness among *Brucella melitensis* strains. *PLoS One*, 15(3):e0229863.
- Purwar, S., Metgud, S.C., Mutnal, M.B., Nagamoti, M.B., and Ch.S. Patil. 2016. Utility of Serological Tests in the Era of Molecular Testing for Diagnosis of Human Brucellosis in Endemic Area with Limited Resources. *J. Clin. Diagn. Res.*, 10:26-29.
- Rodríguez, Y., Nariño-Torres, S., Jiménez-Mora, J.F., and J.C. Vargas-Charry. 2014. Brucellosis recurrente. *Revista Pediatría*, 47-2:32-35.
- Sadeghi, Z., Fasihi-Ramandi, M., Azizi, M., and S. Bouzari. 2020. Mannosylated chitosan nanoparticles loaded with FliC antigen as a novel vaccine candidate against *Brucella melitensis* and *Brucella abortus* infection. *J. Biotechnol.*, 310:89-96.
- Sambu, R.M., Mathew, C., Nonga, H.E., Lukambagire, A.S., Yapi, R.B., ... R.R. Kazwala. 2020. *Brucella* species circulating in wildlife in Serengeti ecosystem, Tanzania.
- Torres-Higuera L.D., Jiménez-Velásquez S.C., Rodríguez-Bautista J.L., and R.E. Patiño-Burbano. 2018. Identification of *Brucella abortus* biovar 4 of bovine origin in Colombia. *Rev. Argent. Microbiol.*, 51(3):221-228.
- Wang, H., Hoffman, C., Yang, X., Clapp, B., and D.W. Pascual. 2020. Targeting resident memory T cell immunity culminates in pulmonary and systemic protection against *Brucella* infection. *PLoS Pathog.*, 16(1):e1008176.

## SEROPREVALENCIA DE BRUCELOSIS EN HATOS CAPRINOS DEL EJIDO EL SALITRAL MUNICIPIO DE LERDO, DURANGO

José L. Ortega-Sánchez<sup>1\*</sup>, Olivia G. Castillo-González<sup>1</sup>, Aurora Martínez-Romero<sup>2</sup>,  
José R. Hernández-Salgado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Km 40 Carr. Gómez Palacio-Chihuahua Bermejillo, Durango. México CP35230. <sup>2</sup>Universidad Juárez del estado de Durango. Facultad de ciencias químicas Gómez Palacio, Dgo. \*Autor de correspondencia: joeortega899@gmail.com

### Introducción

La caprinocultura se desarrolla principalmente en zonas marginadas donde se carece de recursos económicos de tal manera que se tiene bajo grado de tecnificación y poco o nula inversión, además tienen altos índices de prevalencia de enfermedades infecciosas, metabólicas y parasitarias dentro de las cuales destaca la brucelosis o fiebre de Malta. La brucelosis es una enfermedad infectocontagiosa ocasionada por bacterias del género *Brucella spp.* Son cocos o cocobacilos intracelulares facultativos, Gram negativos con un tamaño entre 0,5 y 0,7  $\mu\text{m}$  de longitud y entre 0,6 y 1,5  $\mu\text{m}$  de ancho, aerobios e inmóviles. La brucelosis caprina es una enfermedad infecto-contagiosa crónica producida por alguna de las 3 biovariedades de *Brucella mellitensis*, bacteria aislada por primera vez en 1887 por Bruce a partir de muestras de bazo de soldados enfermos en la isla de Malta (Alton, 1990). En hombre causa una enfermedad febril aguda (fiebre ondulante), que puede progresar hasta una forma crónica y producir graves complicaciones que afectan al músculo esquelético, sistema cardiovascular, sistema genitourinario, hígado y sistema nervioso central, (Alton, 1990; Campos *et al.*, 2004). En la mayoría de los casos, la ruta primaria de transmisión de *Brucella* es la placenta, los líquidos fetales y las descargas vaginales expulsadas por las cabras infectadas cuando abortan o cuando tienen un parto a término (OIE, 2018). La excreción de *Brucella* es también común en secreciones de la ubre y en el semen, también se puede aislar *Brucella* de varios órganos, como los ganglios linfáticos de la cabeza y los asociados con la reproducción, también de lesiones artríticas *Brucella* es el principal patógeno zoonótico en el mundo, es responsable de enormes pérdidas económicas y considerable morbilidad humana en áreas enzoóticas (Bardenstein *et al.*, 2002). La Brucelosis es una zoonosis que tiene importancia por su repercusión en la salud humana, especialmente en el grupo económicamente activo y por el impacto en la economía del país, debido a los altos costos que representa el tratamiento de los enfermos; la principal fuente de infección para las personas, es el consumo de queso fresco elaborado con leche sin pasteurizar proveniente de cabras infectadas, de ganaderos de bajos recursos económicos (Laval, 2006). La presencia de brucelosis en el ganado bovino es la causa de abortos y baja producción de leche, nacimiento de terneros débiles que pueden morir a días de su nacimiento, induce la presencia de retención placentaria y consecuente a esto puede ocurrir metritis y esto a la pérdida de lactancia (Calderón *et al.*, 2019). La brucelosis además actúa como una barrera potencial para el comercio internacional de animales y de sus productos. México es uno de los países con mayor incidencia de brucelosis humana en Latinoamérica

(Méndez-Lozano *et al.*, 2015). Y esto conlleva grandes pérdidas económicas en el sector pecuario. En términos de pérdidas indirectas, la industria pecuaria es, básicamente, productora de alimentos para el ser humano, por lo que la comercialización nacional o internacional de estos productos exige que los alimentos sean inocuos. Luego, a mayor cantidad de hatos infectados de brucelosis en el país, se dificultan seriamente las expectativas de exportación de leche y sus derivados, restándole competitividad al rubro (Lopetegui 2015). Afecta a las explotaciones ganaderas, dado su efecto en la disminución de la producción, la que se expresa en una disminución en los kilos de carne a la venta, el número de terneras para reemplazo, los litros de leche producida y en un aumento de animales a eliminar por problemas de fertilidad, lo cual provoca pérdidas económicas directas (Lopetegui 2015). En América Latina se ha estimado una pérdida anual de USD 600 millones por esta causa (Sreevatsan *et al.*, 2000). Las medidas de control se basan en una estricta higiene, vacunación, así como el estudio seroepidemiológico de los hatos y la eliminación de los animales seropositivos (FAO, 1995; Díaz, 2013). En México, se desconoce el grado de infección de brucelosis en animales debido a que se carece de estudios epidemiológicos. La brucelosis humana es endémica en la Comarca Lagunera desde 1947, mientras que la brucelosis caprina lo es desde 1945, y tanto su incidencia como su prevalencia son difíciles de cuantificar, ya que se carece de estudios epidemiológicos (Ortega y López, 1998). La brucelosis impacta de manera perjudicial a la salud humana y animal, reflejándose en el sector pecuario como grandes pérdidas económicas debido a los abortos, esterilidad y la disminución del rendimiento fisiológico que presentan los animales infectados, mientras que en el sector socio-sanitario el contacto con animales enfermos. El consumo de productos cárnicos y lácteos contaminados diseminan la enfermedad entre la población humana, causando un cuadro clínico inespecífico que puede generar enfermedades como: artritis, endocarditis, meningitis y osteomielitis, por mencionar las más comunes. El propósito de la presente investigación fue determinar la seroprevalencia de brucelosis en ganado caprino del Ejido El Salitral.

## **Materiales y Métodos**

*Descripción del área de estudio.* El presente trabajo se realizó en el ejido El Salitral; pertenecientes al municipio de Lerdo, Durango. El municipio de Lerdo se localiza al Noreste del Estado de Durango a los 25° 46' de Latitud Norte y 103° 31' de Longitud Oeste. El ejido El Salitral se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas latitud 25.463889 y longitud -103.676389 a una mediana altura de 1160 msnm (INEGI, 2013). El clima predominante es el seco o estepario, y una temperatura media anual es de 21.1°C y una precipitación media anual de 253 mm (Martínez, 2007).

*Ganadería Caprina.* Los sistemas de producción Caprina en el municipio se dedican fundamentalmente a la producción de leche y carne en sus componentes de carne de desecho y cabrito, Las unidades de producción son familiares, y su tipología en su mayoría extensiva de pastoreo, semiestabulado y en menor proporción estabuladas, El hato caprino del municipio de Lerdo alcanza una población de 28,000 cabezas, distribuidas en 41 comunidades y 400 productores así mismo 400 familias son las que sostienen esta actividad.

Materiales utilizados. Para realizar el estudio se emplearon materiales para coleccionar y transportar las muestras sanguíneas, equipo para la lectura de las muestras en el laboratorio, equipo de protección como guantes, cubre bocas, bata, lentes de protección, así como materiales de limpieza y desinfección.

*Métodos.* Se coleccionaron 282 muestras de sangre de 5 rebaños pertenecientes al ejido El salitral del municipio de Lerdo, Dgo. Antes de obtener las muestras sanguíneas, los animales se identificaron con un collar numerado a fin de llevar un registro. Las muestras de sangre fueron obtenidas por venopunción de la vena yugular, utilizando un aplicador especial y agujas y tubos vacutainer. Una vez recolectadas las muestras fueron identificadas con el número de arete del animal y el nombre del productor, las muestras fueron depositadas en una hielera con refrigerante para su transporte al laboratorio de la Unidad Regional Universitaria de zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo Ubicada en Bermejillo, Dgo.

En el laboratorio, las muestras fueron centrifugadas a una velocidad de 3000 r.p.m. durante 15 minutos, para separar el suero y depositarlo en tubos previamente identificados, a cada muestra de suero se le practicó la técnica Rosa de bengala para lo cual se utilizó el antígeno *Brucella abortus* cepa 19 al 3% con un pH de 3.5. de acuerdo con los protocolos nacionales e internacionales (NOM -041-ZOO-1995). Las reacciones positivas y negativas se anotaron en una libreta de campo para determinar la prevalencia por hato y por ejido. El porcentaje de seroprevalencia por hato se determinó mediante el PROC FREQ de SAS. Para analizar esta variable comparando entre hatos la seroprevalencia de *Brucella* se utilizó el PROC GLIMMIX de SAS (Institute Inc. 2013) utilizando la función de vínculo Log (funciones logarítmicas) y el método de estimación de máxima verosimilitud. El criterio de convergencia hacia la distribución binomial fue AIC = 320.09

## **Resultados y Discusión**

La seroprevalencia promedio de 282 cabras de los 5 hatos del Ejido El Salitral de Lerdo Dgo. fue de 25.17% con un intervalo de variación desde 8 a 39% cuyo resultado se sitúa por arriba de la media nacional que es de 15% (Tabla 1). La seroprevalencia de brucelosis entre hatos fue significativa ( $P \leq 0.05$ ), al comparar el hato 3 con la más baja seroprevalencia de brucelosis con respecto al Hato 1, se muestra la misma tendencia considerando al Hato 4, y no diferente con respecto a Hato 5 como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1. Porcentaje de Seroprevalencia de brucelosis por Hato en el ejido el Salitral.

Hato	Positivo	Total	Seroprevalencia %
1	11	28	39.28 <sup>b</sup>
2	18	73	24.65 <sup>a</sup>
3	2	25	8.00 <sup>a</sup>
4	23	82	28.04 <sup>b</sup>
5	17	74	22.79 <sup>a</sup>
Total	71	282	25.71

(Prueba de t,  $P \leq 0.05$ ) medias con la misma letra son efectos medios iguales

Tabla 2. Nivel de probabilidad asignado a cada hato al compararlo con el Hato 3.

Comparación	$Pr >  t $
HATO3 VS HATO5	0.1390
HATO3 VS HATO1	0.0274
HATO3 VS HATO2	0.1132
HATO3 VS HATO4	0.0546

## Conclusiones

La seroprevalencia general de anticuerpos de *Brucella* fue de 25.17 % mayor que la media nacional de 15% que se tiene como referencia en el año 2011. En tres de los cinco hatos se observó una seroprevalencia mayor a la media nacional, el hato 3 con veinticinco animales mostro un a prevalencia de 8% de prevalencia por debajo de la media nacional. La Brucelosis continuará siendo una preocupación económica y de salud pública importante mientras exista la brucelosis en animales.

## Literatura Citada

- Alton, G. G. (1990). *Brucella melitensis*. Boca Ratón, Florida USA: CRC Press.
- Assenga, J. A., L. E. Matamba, S. K. Muller, J. J. Malakalinga, and R. R. Kazwala. 2015. Epidemiology of *Brucella* infection in the human, livestock and wildlife interface in the Katavi-Rukwa ecosystem, Tanzania. BMC Vet. Res., 11: 189.
- Calderón, M. J. C., Bulnes, G. C. A., Zambrano, A. M. D., Delgado, D. M. H., De La Cruz, V. L. M., and Z.P.F. Rezabala. 2019. Seroprevalencia de brucelosis bovina y su relación con el aborto, en edad reproductiva en el cantón El Carmen, provincia Manabí, Ecuador. e-21.
- Campos, H. E., Díaz, A. E., Gutiérrez, A. L., & Valencia, A. T. (2004). Brucelosis en ovinos (*B. melitensis*) del Estado de Guerrero, México. 3er Seminario Internacional en Reproducción Animal y Producción de Leche y Carne. México, DF: UAM-X. p. 214- 217.
- Colombe, S., Watanapalachaigool, E., Ekgatad, M., Koa, A. I., and S. Hinjoyf. 2018. Cross-sectional study of brucellosis and Q fever in Thailand among livestock in two districts at the Thai-Cambodian border, Sa Kaeo province. One Health, (6):37-40.
- Díaz, A. E., L. Hernández, G. Valero y B. Arellano. 2001. Brucelosis. INIFAP/OPS/IICA. Fundación Produce, A. C. Guanajuato, México. D. F. 2a Edición.
- FAO. 1995. NOM-022-SSA2-1994: Prevención y control de la brucelosis en el hombre, en el primer nivel de atención.
- <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC013552/>

- Ekere, S. O., Njoga, E. O., Onunkwo, J. I., and U. J. Njoga. 2018. Serosurveillance of *Brucella* antibody in food animals and role of slaughterhouse workers in spread of *Brucella* infection in Southeast Nigeria. *Vet. World.*, 11(8):1171-1178.
- Laval, R. E. 2006. Contribución al estudio histórico de la brucelosis en Chile. *Rev. Chil. Infect.*, 23(4):362-366.
- Lopetegui, P. Avances de la Erradicación de Brucelosis Bovina en Chile. *Boletín Veterinario Oficial*, Numero 3, 2015:8
- Méndez-Lozano M, Rodríguez-Reyes E.J, and L.M. Sánchez-Zamorano. 2015. Brucelosis, una zoonosis presente en la población: estudio de series de tiempo en México. *Salud Publica Mex.*, 57:519-527.
- OIE. 2018. *Brucellosis (Brucella abortus, B. melitensis and B. suis)* World Organisation For Animal Health (ed.), *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals* (Office International des Epizooties: Paris, France).
- Ortega, S. J. L., López, S. A. (1998). Sanidad animal y desarrollo rural, un problema concreto: "Problemas en el control de la Brucelosis Caprina" Bermejillo, Durango, México.
- Purwar, S., Metgud, S. C., Mutnal, M. B., Nagamoti, M. B., and C. S. Patil. 2016. Utility of Serological Tests in the Era of Molecular Testing for Diagnosis of Human Brucellosis in Endemic Area with Limited Resources. *J. Clin. Diagn. Res.*, 10(2):26-29.
- Sreevatsan, S., Bookout, J. B., Ringpis, F., Perumaalla, V. S., Ficht, T. A. and L. G Adams. 2000. A multiplex approach to molecular detection of *Brucella abortus* and/or *Mycobacterium bovis* infection in cattle. *J. Clin. Microbiol.*, 38(7):2602-2610.
- Yilma M, Mamo G, Mammo B. 2016. Review on brucellosis sero-prevalence and ecology in livestock and human population. *Achievements in the Life Sciences*, 10(1):80-86.

## **RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE VEGETACIÓN GLI BASADO EN IMÁGENES DE DRON CON LA ETAPA FENOLÓGICA Y LOS RENDIMIENTOS DEL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa* L.)**

Claar Antonio Estrada Pizarro<sup>1\*</sup>, José Manuel Cisneros Vázquez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UACH-URUZA. Bermejillo, Durango, Mex. C.P.35230. <sup>2</sup>Profesor investigador, URUZA-UACH. Bermejillo, Durango, Mex. C.P. 35230. \*Autor de correspondencia: claar1998@gmail.com

### **Introducción**

El monitoreo manual de los cultivos ha sido una herramienta muy activamente utilizada tanto en el pasado como en la actualidad, más sin embargo la necesidad de realizar un monitoreo más rápido y de una manera masiva es un reto tecnológico que enfrentamos en la actualidad, siendo de gran ayuda para esta lograr cumplir con las exigencias actuales.

La avena es uno de los cereales más consumidos desde hace mucho tiempo en el mundo, gracias a todas sus cualidades se convirtió en la base de la alimentación de muchos pueblos y civilizaciones, así como de forraje para el ganado, este cereal es uno de los alimentos más completos, ya que contiene importantes nutrientes, vitaminas y minerales. La avena se cosecha en 2 ciclos, de mayo-agosto se obtiene el 30% de la producción, el 70% restante se obtiene entre octubre-enero. (SADER, 2015).

El uso de los drones en la agricultura se ha ido extendiendo en los últimos años en la producción de cultivos. Los drones proveen de información útil para lo que se ha denominado agricultura de precisión, la cual combina datos de sensores e imágenes con datos en tiempo real para incrementar la productividad de la unidad de producción, a través del mapeo de la variabilidad espacial (FAO, 2018).

La adquisición de datos en estudios fotogramétricos comúnmente se realiza a través de fotografía digital en banda visible y sensores remotos tales como cámaras multiespectrales o escáneres láser, en combinación con información proveniente de sistemas de posicionamiento global. Estos datos se manipulan posteriormente con herramientas de procesamiento y sistemas de información geográfica (SIG) para obtener productos diversos como modelos digitales de elevación (DEM) u ortomosaicos (Arriola et. al, 2018).

Una alternativa para realizar el monitoreo de cultivos es el índice Green Leaf Index (GLI) propuesto por Louhaichi (2001), es adecuado para trabajar con los valores de píxeles digitales procedentes de las bandas RGB. De esta manera, no necesitarás recurrir a sensores infrarrojos, aprovechando al máximo el sensor original.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el rancho “El Carmen” ordenadas geográficas son 104°10´ y 103°20´ longitud Oeste y los 26°00´ y 26°10´ de latitud Norte, con una altitud de 1,119 metros sobre el nivel del mar., se monitoreo el cultivo de avena forrajera, en 10 tendidas, las cuales corresponden a una superficie de 1.7 hectáreas durante el periodo del 16 de octubre de 2020 al 3 de marzo de 2021. El objetivo principal del estudio fue cuantificar el Índice de Hoja Verde (Green Leaf Index GLI) así como la relación que este tiene con las etapas fenológicas de cultivo.

Un dron DJI Mavic Pro fue volado 7 veces para capturar el estado del cultivo de avena durante sus diferentes etapas de crecimiento. De todos los viajes realizados, las imágenes capturadas se procesaron en el software OpendroneMap y se generaban los ortomosaicos, los cuales posteriormente fueron procesados en el software Qgis 3.10.12 para la obtención del índice GLI.

Flujo de trabajo para obtener el GLI

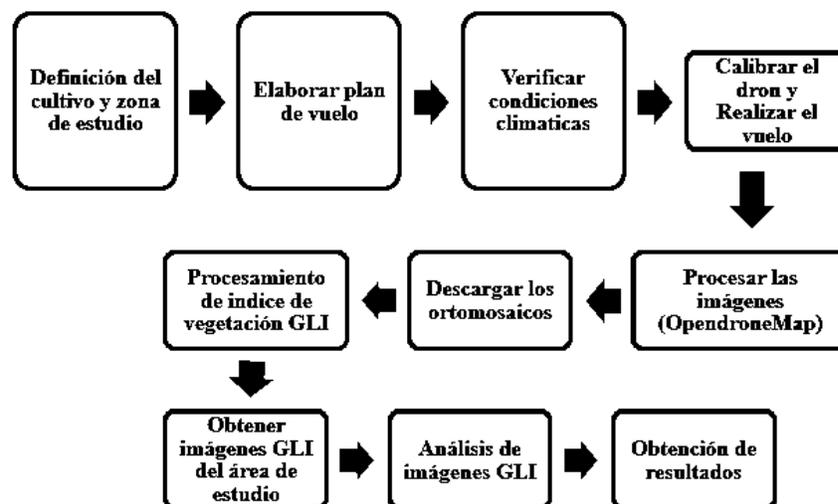


Figura 1 Flujo de trabajo para obtener el Green Leaf Index.

El mismo procedimiento fue realizado para para cada una de las 10 tendidas durante los diferentes meses del periodo de estudio.

## Resultados y Discusión

Valores medios GLI por tendida de los diferentes meses.

En la figura 2 podemos observar el comportamiento que tuvieron los valores medios del GLI a lo largo del periodo de estudio, siendo febrero el mes con los valores más altos ya que en este tiempo es el momento óptimo para la realización de la cosecha.

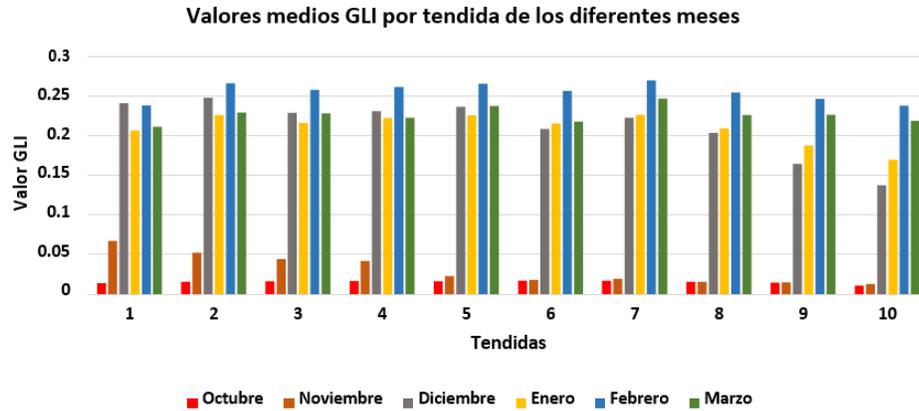


Figura 2 Valores medios de GLI por tendida de Octubre de 2020 a Enero de 2021.

### Correlación entre el GLI y Rendimiento de cosecha por tendida para el cultivo de avena

Como se puede apreciar en la figura 3 el valor de correlación entre el Green Leaf Index y el rendimiento de avena es de 0.74 lo cual indica que existe una correlación entre ambos valores, por lo cual se podría decir que el índice GLI podría ser una muy buena opción para poder estimar los rendimientos.

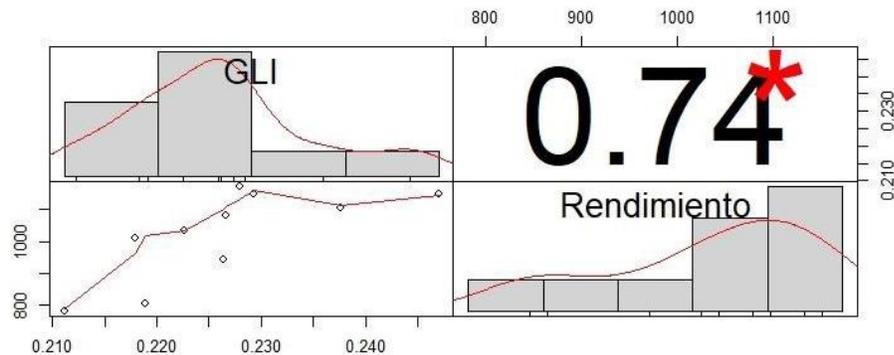


Figura 3. Correlación entre el GLI y Rendimiento de cosecha por tendida para el cultivo de avena.

### Comparación de los mapas GLI del primero y del último de los vuelos realizados

La Figura 4 muestra como los valores de GLI de cuando se estableció el cultivo y el momento de cosecha, siendo muy representativas con respecto a la cobertura vegetal observada en campo, pues como se puede ver en la primera imagen aún no se tenía presencia de cobertura vegetal y los valores eran muy bajos, y en la imagen del último mes antes de la cosecha, se puede apreciar como ya se cuenta con gran cobertura en nuestra área de estudio obteniendo y reflejando valores ya más altos del GLI.

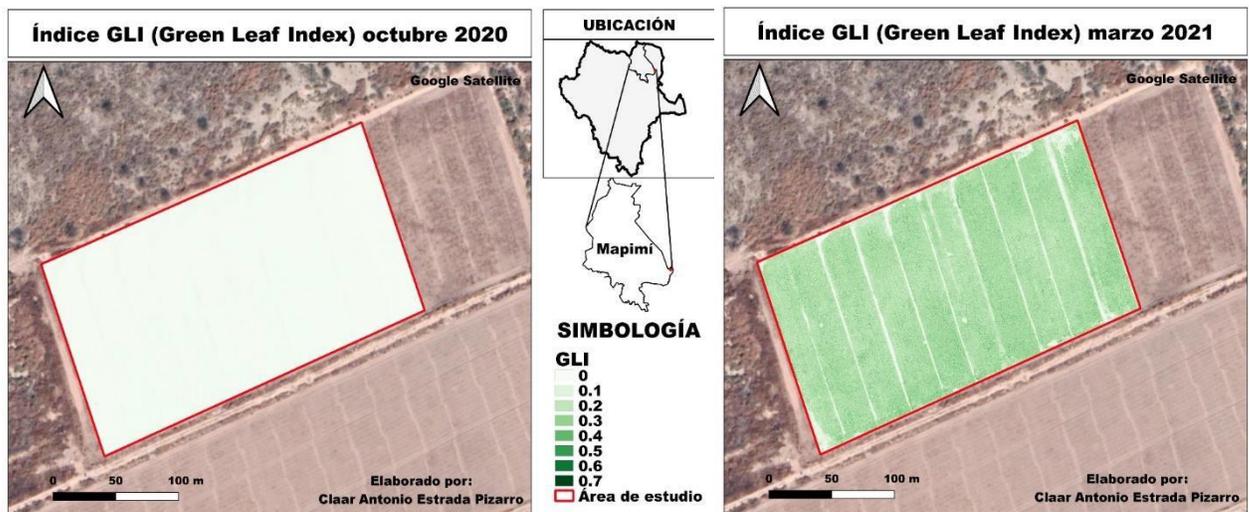


Figura 4. Mapas para el Green Leaf Index correspondientes a Octubre de 2020 y Marzo de 2021.

## Conclusiones

Los valores de Green Leaf Index pueden ayudarnos a realizar una predicción del rendimiento en el cultivo de avena ya que existe una fuerte correlación entre los valores de GLI y el rendimiento. El uso de los drones para realizar este tipo de monitoreos nos da una gran flexibilidad ya que podemos realizar el vuelo justo cuando lo necesitemos o se requiera, proporcionando datos de detección remota casi en tiempo real, permitiendo así que el mapeo y la detección sean mucho más rápidos. Otra ventaja que ofrecen los drones es una gran resolución espacial, ya que tienen la capacidad de volar a poca altura, lo que permite que obtengamos vistas más claras y de gran calidad sobre nuestra área de interés.

## Literatura Citada

- Arriola, S., Ferencz, A., & Rimolo, R. (2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga. Tec*, 31, 9-12. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga\\_tec/article/view/3475](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/3475)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). E-Agriculture in action: drones for agriculture. Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1200079/>
- Huang, J., Wang, X., Li, X., Tian, H., & Zhuokun, P. (2013, August 13). Remotely sensed rice yield prediction using multi-temporal NDVI data derived from NOAA's-AVHRR. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070816>
- Jensen, J. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (4th ed.). Pearson Education.
- Kharuf, S., Hernández, L., Orozco, R., Aday, O., & Delgado, I. (2018). Análisis de imágenes multispectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 39(2), 79-91. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282018000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282018000200007)
- Louhaichi, M., Borman, M., & Johnson, D. (2001). *Spatially Located Platform and Aerial*.

- Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat. *Geocarto International*, 16(1),65-70. [https://www.researchgate.net/publication/228906661\\_Spatially\\_Located\\_Platform\\_and\\_Aerial\\_Photosatellite\\_Imagery\\_for\\_Documentation\\_of\\_Grazing\\_Impacts\\_on\\_Wheat](https://www.researchgate.net/publication/228906661_Spatially_Located_Platform_and_Aerial_Photosatellite_Imagery_for_Documentation_of_Grazing_Impacts_on_Wheat)
- Pino, E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica)*, 37(1), 75-84. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292019005000402&script=sci\\_arttext&lng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292019005000402&script=sci_arttext&lng=en)
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2015). Agenda Técnica agrícola de Durango. Issuu. [https://issuu.com/senasica/docs/10\\_durango\\_2015\\_sin](https://issuu.com/senasica/docs/10_durango_2015_sin)
- Snow, C. (2016). The Truth about Drones in Precision Agriculture. Investigación de Skylogic, 1-6. [https://droneanalyst.com/wp-content/uploads/2016/12/TheTruthAboutDrones\\_ag.pdf](https://droneanalyst.com/wp-content/uploads/2016/12/TheTruthAboutDrones_ag.pdf)
- Volpato, L., Pinto, F., González-Pérez, L., Thompson, I. G., Borém, A., Reynolds, M., Gérard, B., Molero, G., & Rodrigues, F. A. (2021). High throughput Field Phenotyping for plant height using UAV-based RGB imagery in wheat breeding lines: Feasibility and validation. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.591587>



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para  
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas.

# Carteles

Eje Temático 2: Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

## ESPECIES SILVESTRES DE *Phaseolus spp.* L. EN LA REGIÓN ÁRIDA DEL ESTADO DE DURANGO

David Ramírez Noya<sup>1\*</sup>, Macario García Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. 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

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México tiene gran tradición desde antes de la conquista, lo que se manifiesta en la amplia diversidad de las formas silvestres y cultivadas que existían y en los usos culinarios en los que interviene (Pérez et al., 1994 citado por Barahona et al. 2006). Si bien la mayor diversidad de *Phaseolus vulgaris* L. en el país se localiza a lo largo de la Sierra Madre Occidental entre los 500 y 1800 m de altitud (Miranda, 1967, citado por Vidal-Barahona op cit.), su cultivo se realiza extensivamente en casi todas las condiciones agroecológicas del país y sistemas de producción. (Vidal Barahona, op cit.).

A pesar de su importancia, su cultivo ha sido desplazado, lo que ha implicado pérdidas de la diversidad genética. Por lo que las poblaciones silvestres del frijol, así como de otros parientes silvestres del género *Phaseolus*, son un recurso importante para el fitomejoramiento, ya que albergan genes de tolerancia a factores ambientales adversos, que pueden utilizarse para ampliar la base genética del frijol cultivado en programas de mejora (Saburido y Herrera, 2015).

El mayor número de especies silvestres del género *Phaseolus* se distribuye en el occidente de México, siendo Durango, Jalisco y Oaxaca los estados con mayor diversidad de especies. (Delgado y Gama, 2015).

Sin embargo, dentro del estado de Durango existen áreas en las cuales la colonización de estas especies de frijoles silvestres no depende tanto del tipo de vegetación existente sino básicamente del grado de afectación del ambiente natural causado por factores antropogénicos, en consecuencia, a ello la distribución geográfica y la abundancia de estas especies silvestres, será de abundante o llegando a ser escasa.

Por esta última razón se ha considerado que: una de las formas de resguardar su variabilidad es a través de su colecta y conservación y contribuir a la creación de reservas genéticas para la conservación in situ de las poblaciones silvestres con mayor variabilidad (Ferreira et al 2017). Además, el reconocimiento de los frijoles silvestres y su adquisición proporciona a la agricultura un recurso genético renovado para el mundo deficiente en proteínas (Gentry, 1969).

Para la clasificación e identificación de especies, razas y variedades vegetales silvestres, los rasgos morfológicos desempeñan un papel importante; así mismo, son elementos básicos para conocer y medir la variabilidad genética dentro de una población. Aunque cada especie de frijol (*Phaseolus spp.*) muestra características morfológicas exclusivas que la identifican, también exhiben similitudes en algunos rasgos (Meza Vazquez, et al., 2015).

Para la República Mexicana durante el siglo XIX se registran las primeras colectas de especies silvestres del género *Phaseolus* L. Así se observa, al comisionado Alphonse Wislizenus en su travesía por los estados del norte de México donde recolecta *Phaseolus maculatus*. al norte del estado de Chihuahua el 20 de agosto de 1846 (W3TROPICOS -a). Años más tarde Charles C. Parry y Edward Palmer del año de 1878 recolectan del estado de San Luis Potosí *Phaseolus polymorphus* con número de recolección 188, (W3 TROPICOS -b); después Edward Palmer del año de 1896, en las proximidades a la Cd capital de Durango, obtiene ejemplares de tres especies; *Phaseolus leptostachyus*; *P. acutifolius* y *P. vulgaris* (W3 TROPICOS -c) con números de recolección 483. 645 y 866.

Para Durango se inician los trabajos en los que se analizan desde algunas hipótesis sobre el origen del frijol domesticado (Gentry, 1969) a los estudios sobre distribución geográfica y/o diversidad del género (Acosta y Muruaga 1983; González et al, 1991; Alejandre et al., 2018 y Ramírez y Garcia, 2019). Entre los reportes más completos; no solo a nivel del estado incluso a nivel nacional, son los de; Freytag y Debouck (2002); y Villaseñor (2016).

El objetivo planteado fue actualizar el inventario de especies de frijol silvestre (*Phaseolus* L.) en la zona árida y semiárida del oriente del estado de Durango.

## **Materiales y Métodos**

Durante el desarrollo del proyecto de investigación, Clave IPN-20201733 (del Instituto Politécnico Nacional). El cual se inicia el año del 2020 y tiene como uno de sus objetivos el conocer el inventario de las especies del género *Phaseolus* L., en el estado de Durango. Por lo cual se realizaron recorridos de exploración botánica complementadas con entrevistas aplicadas a la gente (adultos mayores) del campo en los municipios del oriente del estado de Durango (y de gran parte del resto del estado). Para lo cual se interrogó a los campesinos de la región respecto a su conocimiento sobre la posible existencia de frijol silvestre (*Phaseolus* L.) en parajes próximos a su lugar de residencia. Esto último con el propósito de conocer de la experiencia respectiva de los lugareños.

Los municipios de la región árida y semiárida del estado, que se han involucrado en el presente trabajo son, Cuencamé, Mapimí, Nazas, Peñon Blanco, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Santa Clara, Simon Bolivar y Tlahualilo. Excepto Gómez Palacio y Lerdo por su densidad demográfica y Tlahualilo por falta de oportunidad para realizar muestreos respectivos.

En la mayor parte de las veces las recolectas del material vegetal silvestre se realizó con el apoyo de los guías de campo (locales). Este material biológico recolectado se manejó conforme a la técnica descrita por Lot y Chiang; a fin de continuar su análisis en el Herbario (CIIDIR).

## Resultados y Discusión

Las especies localizadas en el presente trabajo son:

*Phaseolus acutifolius*

*Phaseolus coccineus*

*Phaseolus grayanus*

*Phaseolus leptostachyus*

*Phaseolus vulgaris*

De los cuales el más ampliamente distribuido en el área geográfica del presente estudio es *P. acutifolius* seguramente por su mayor tolerancia a las condiciones de aridez.

Se han obtenido ocho muestras de los diez municipios anotados en el plan de trabajo y de los cuales, en cuatro de ellos a la fecha no se ha conseguido muestra alguna. Pero se considera que con una mayor búsqueda en el área geográfica será probable ubicar algún espécimen al respecto. En relación al área municipal de Tlahualilo, a la actualidad no se ha tenido la oportunidad de visitarlo.

A decir de varias personas de campo entrevistadas, la afectación a la vegetación natural (sobrepastoreo) y los años recientes con lluvias escasas, no favorecen la fácil localización de ejemplares de frijol silvestre, en comparación con lo observado en décadas pasadas.

No obstante, es indispensable continuar con el esfuerzo de búsqueda a fin de obtener un mayor número de registros de localidades con crecimiento de frijol silvestre in situ.

Cuadro 1. Registro de muestreos en el Estado Durango.

Municipios explorados	Núm. especies registradas
Cuencamé	2
Mapimí	0
Nazas	2
Peñón Blanco	2
San Juan de Guadalupe	2
San Luis del Cordero	0
San Pedro del Gallo	0
Santa Clara	3
Simón Bolívar	2

## Conclusiones

Como en otras partes del país y del mundo; además de las condiciones climáticas adversas para el desarrollo de la vegetación en las regiones áridas. El mayor impacto en la sobrevivencia de las especies y para este caso, del frijol silvestre, es debido a la pérdida o reducción del hábitat natural que sucede por el cambio de uso del suelo, de estos ecosistemas naturales.

Se espera que *Phaseolus acutifolius*, sea la especie con mayor distribución geográfica en esta área de estudio debido a que, en comparación con la mayoría de las otras especies, manifiesta una mayor tolerancia a la sequía, desarrollándose en regiones donde las presiones -estrés- ambientales o patológicas no favorecen a las otros elementos silvestres del género *Phaseolus* L. (Pratt 1983; Pratt y Nabham, 1988) por lo que el germoplasma de *P. acutifolius* tiene un atractivo especial para los mejoradores de frijol común, ya que además se ha propuesto tener su origen en las zonas secas y cálidas del suroeste de USA y noroeste de México (Pratt, op cit y Nabhan & Felger, 1978).

Es menester continuar con la exploración botánica hacia áreas municipales de poco tránsito de personas y animales domésticos además con hábitats propicios para el desarrollo de las especies silvestres de interés.

Además, el presente es el resultado de las actividades de los proyectos de investigación del I.P.N. claves: 20180657, 20196041 y 2019-RE-064-RG025, 20201733, 20210637.

## Literatura Citada

- Acosta Gallegos, J.; J. Muruaga Martínez y F. Cárdenas R. 1983. Distribución de especies del género *Phaseolus* L. en el estado de Durango. INIFAP. Centro de Investigaciones Norte-Centro, Durango, México. 9:1, 13-22p.
- Alejandro Iturnide G.; M. Rojas Lopez D. Ramírez Noya. 2018. Los parientes silvestres del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) En el estado de Durango. Acta Fitogenética, Soc Mex Fit., Chapingo, Méx. 5; 1, 242.
- Delgado, A. y S. Gama. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. Vol. 16, Núm. 2 ISSN 1607 – 6079. Revista digital on line: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/>
- Ferreira, Mariana J.; Menéndez-Sevillano, M.C. Ibarra, Luis; Colque, Fernanda; Ron Pedreira M A. 2017. Caracterización y estudio de introgresión en poblaciones de *Phaseolus vulgaris* del NOA (silvestres y primitivas). Actas AEL 7 VI SEMINARIO DE JUDIA Atrio. (MBG) Comunicaciones congresos.
- Freytag, G. F. & D. G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* L. (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. Sida Bot. Misc. 23: 300 pp. Botanical Research Institute. Fort Worth, Tx. USA.
- Gentry, HS.1957. Los pastizales de Durango: estudio ecológico, fisiográfico y florístico. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, 361p.

- Gentry HS. 1969. Origin of the Common Bean, *Phaseolus vulgaris*. Economic Botany. Vol. 23, No. 1 (Jan. - Mar., 1969), pp. 55-69
- González, E.; M. González, E. y Y. Herrera. 1991. Listados Florísticos de México. IX. Flora de Durango. Instituto de Biología . UNAM. México, D.F.
- Lépiz Ildefonso R., J. López Alcocer, J. Sánchez González, F. Santacruz-Ruvalcaba, R, Nuño Romero y E. Rodríguez Guzmán. 2010. Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. Rev. Fitotec. Mex. 33 (1): 21-28.
- Linneo. 1753. Species Plantarum 2: 723. 1753. (1 May 1753) consultado en <https://www.biodiversitylibrary.org/page/358744#page/165/mode/1up>
- Lot, A. y F. Chiang (compiladores). 1986. Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Instituto de Biología de la UNAM. Consejo Nacional de la Flora de México A.C. México DF. pp 87-133.
- Nabhan, G. P. and Felger, R. S. 1978. Teparies in southern and North America; a biogeographical and ethnohistorical study of *Phaseolus acutifolius*. Econ Bot 32 (3): 3-19.
- Meza-Vázquez, K. Rogelio Lépiz-Ildefonso, José de J. López-Alcocer y Moisés Martín Morales-Rivera. 2015. Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus L.*). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 38 (1): 17 – 28.
- Pratt, R.C. 1983. Gene Transfer Between Tepary and Common Beans. Desert Plants. Department of Horticulture Purdue University. Vol.5, Num 1. Spring 1983 pp 57-65.
- Pratt, R. C. and G. P. Nabhan. 1988. Evolution and diversity of *Phaseolus acutifolius* Genetic Resources. In: Gepts P (ed.), Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands: pp. 409-440.
- Ramírez Noya D. y M. García Ramírez. 2018. El Género *Phaseolus L.*, en Vicente Guerrero, Durango, México. Vid supra. CIIDIR-IPN-U-DGO. 10, (1):46-49. p.
- Saburido Álvarez y Herrera Estrella, 2015. El frijol en la era genómica. Revista digital. UNAM. copiado de <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art11/>  
<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art11/art11.pdf>
- Vidal-Barahona A., L C. Lagunes-Espinoza, E. Valadez y C. F. Ortiz-García. 2006. Variabilidad morfológica y molecular de cultivares criollos y mejorados de frijol común en Tabasco, México. Rev. Fitotecnia Mexicana. 29:273-281.
- Villaseñor R, JL. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México Revista Mexicana de Biodiversidad. nst. Biol., UNAM. 87 (2016) 559–902. [www.ib.unam.mx/revista/](http://www.ib.unam.mx/revista/)
- W3 TROPICOS –a: <http://legacy.tropicos.org/Specimen/2178366>
- W3 TROPICOS –b: <http://legacy.tropicos.org/Image/6643>
- W3 TROPICOS –c:  
<http://legacy.tropicos.org/Specimen/2171552>  
<http://legacy.tropicos.org/Specimen/2175275>  
<http://legacy.tropicos.org/Specimen/2174561>

## **HIBRIDO DE *Phaseolus* (*Phaseolus vulgaris* X *Phaseolus cf. acutifolius*) COMO MALEZA AGRÍCOLA, EN LA REGIÓN ÁRIDA DEL ESTADO DE DURANGO**

David Ramírez Noya<sup>1\*</sup>, Macario García Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional. 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

### **INTRODUCCION**

Para la clasificación e identificación de especies, razas y variedades vegetales, los rasgos morfológicos desempeñan un papel importante; así mismo, son elementos básicos para conocer y medir la variabilidad genética dentro de una población. Aunque cada especie de frijol (*Phaseolus* L.) muestra características morfológicas exclusivas que la identifican, también exhiben similitudes en algunos rasgos (Meza Vázquez, et al. 2015). Por lo que a partir de las descripciones taxonómicas de cada una de las especies se puede inferir cuando se posee un ejemplar con características intermedias, el cual muy probable se trate de un híbrido resultado del intercambio de cromosomas natural ó antropogénico.

Tanto el género *Phaseolus* como la especie *Phaseolus vulgaris* L., fueron descritos por Linneo (1753) y los estudios en comportamiento de los caracteres hereditarios del género *Phaseolus* L. fueron apreciados desde la conformación de la Genética por G Mendel, como así lo memoran Freytag y Debouck (2002). Incluyendo en dichos estudios mendelianos el fenómeno de la hibridación dentro del mismo y otros géneros taxonómicos.

A inicios del siglo XX, Emerson (1904, in Gepts,1991) retoma el tema en relación al comportamiento y características de híbridos en *Phaseolus* L. y tres décadas después aparecen reportes adicionales del fenómeno de hibridación natural o inducida practicado en los campos agrícolas de norte américa por Mackie & Smith (1935), Barrons (1939) y de Magruger & Wester (1940).

Concretamente, respecto a los híbridos de *Phaseolus* con nicho ecológico de maleza; Debouck & Thome, (1988) exponen que Harlan (1965) y Harlan and Wet (1965) entre los primeros en proponer la existencia de ejemplares híbridos tipo malezas, esto como resultado del cruzamiento genético entre *Phaseolus* spp. silvestres y los frijoles cultivados. En consecuencia, Vanderborght, 1983 en sus análisis múltiples le permiten fundamentar y concluir sobre la existencia de tres genotipos: maleza, cultivado y silvestre.

Estas propuestas dan soporte para que exploraciones botánicas posteriores, permitan registrar cada vez para un mayor número de países la presencia de los mencionados híbridos (Vanderborght, op cit; Debouck, 1987; Delgado Salinas et al. 1988; Debouck y Thome, op cit.; Esquivel et al, 1990; Debouck et al. 1993; Freyre et al. 1996; Beebe et al. 1997. Gepts et al.2003; Zizumbo-Villareal, et al. 2005, entre otros).

Como sustento adicional para evidenciar la existencia de ejemplares de *Phaseolus* con características intermedias (híbridos), se aborda tanto el fenómeno del flujo de genes inter e intraespecífico (González-Torres et al, 2003; Papa y Gepts, 2003; Martínez et al. 2004), como el uso de marcadores bioquímicos y parámetros morfométricos (Ocampo et al. 2004 y Lépiz et al., 2010). Aún más, se aplican técnicas de polinización cruzada o de caracterizaciones morfo-fenológicas y de análisis de estructura molecular cuali-cuantitativa y otras herramientas genómicas, (Gepts et al. opcit; Papa, R. P. Gepts. op cit; Martínez et al. Opcit, Espinosa et al, 2006 y Chacon et al 2021), con el objeto de caracterizar los taxos resultantes y evidenciar las incidencias de introgresión.

Con este esbozo analítico y las observaciones de campo, ha permitido identificar la presencia de ejemplares híbridos (*Phaseolus vulgaris* L. X *Phaseolus* cf. *acutifolius*) en la modalidad de malezas de cultivos agrícolas de la región árida y semiárida del estado de Durango.

Elaborar mapa de distribución del híbrido de *Phaseolus* L., con nicho ecológico de maleza de cultivos agrícolas, en los municipios al oriente del estado de Durango.

A partir del año 2019 durante el desarrollo de algunos proyectos de investigación por personal del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-DGO), durante los recorridos de exploración botánica y encuestas aplicadas a la gente del campo de algunos de los municipios del oriente del estado de Durango. Los campesinos informaron de la posible existencia de frijol silvestre (*Phaseolus* L.) en localidades próximas a su lugar de residencia. Algunos de las personas entrevistadas nos hicieron la observación sobre la presencia de un tipo de frijol no deseado entre sus cultivos (maleza) y de semillas en sus cosechas, el cual recibe el nombre regional de "frijolillo", 'frijol loco', 'frijol cimarrón' ó 'frijol pedorrillo'.

Los lugareños no aceptan estas semillas (del híbrido) debido a la mayor dureza en el momento de cocinarlos (quedando flotando en el caldo). Al mismo tiempo, la presencia de dicha semilla (generalmente entremezclada con las variedades comerciales) provoca la no aceptación tanto de los comerciantes intermediarios, como del consumidor común y en consecuencia la depreciación de la cosecha.

## **Materiales y Métodos**

Se aplica encuesta a los agricultores del este del estado de Durango, enfocada a la presencia o no de frijoles (de características intermedias) con nicho ecológico de maleza de cultivos agrícolas.

Se recolectan semillas de las plantas tipo maleza, para dar seguimiento y conocer la identidad taxonómica de la (s) población (es) de la leguminosa reportada.

Se siembran en macetas para obtener ejemplares y realizar la caracterización fenológica y fenotípica de la población en cuestión.

Con los ejemplares así obtenidos se recolectan y se prepara este material conforme a la técnica descrita por Lot y Chiang (1986); a fin de procesar estas muestras en el Herbario CIIDIR, con el objeto de aplicar la respectiva identificación taxonómica con la revisión bibliográfica y revisión de ejemplares de Herbario.

## Resultados y Discusión

Se determinó que los ejemplares aquí registrados y trabajados son en efecto, híbridos de *Phaseolus* L. (*Phaseolus vulgaris* X *Phaseolus* cf. *acutifolius*). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registro de muestreos en el Estado Durango.

Municipios explorados	Registro de híbridos
Cuencamé	Si
Peñón Blanco	No
Nazas	Si
San Juan de Guadalupe	Si
Santa Clara	Si
Simón Bolívar	Si

Además del análisis morfológico, se registró la presencia dentro de la misma vaina, tanto de semillas del tipo híbrido como semillas con las características del “frijol variedad pinto saltillo”, consecuencia de la segregación de genes.

## Conclusiones

En la presente investigación se evidenció que los campesinos por décadas han mostrado rechazo por la presencia de las semillas de éste híbrido del frijol e igualmente para el ejote del mismo, en sus cosechas. El cual por cierto es fácilmente distinguible desde la etapa de floración, la madurez de la vaina y después por el color y tamaño de la semilla que lo hace factible su distinción de las demás variedades agronómicas de la región.

Una situación análoga se reporta para la Península de Yucatán (Martínez et al. 2004) en el cual la semilla de un híbrido-maleza para *Phaseolus lunatus*, no es aceptado para su consumo.

En contraste, en la Sierra Norte de Puebla se cultiva el frijol gordo o acajete, híbrido natural entre el frijol común y el frijol ayocote (Miranda, 1990) que por ser “pesado” de digerir se consume en el desayuno y permite que el campesino coma hasta 6 horas más tarde (Com. Per. Dr. Salvador Miranda; in Vargas et al., 2012)

Así mismo, para varias partes de Suramérica, los híbridos de *Phaseolus* L. que crecen entre los cultivos, han sido tratados no como plantas indeseables, pues no solo son consumidos y comercializados (Debouck & Thome, opcit) y además preferidos.

Es deseable un mayor estudio de los híbridos aquí registrados para conocer más acerca de sus características químicas y de digestibilidad además de sus cualidades agronómicas, entre otros.

Además el presente es el resultado de las actividades de los proyectos de investigación del I.P.N. claves: 20180657, 20196041 y 2019-RE-064-RG025, 20201733, 20210637.

## LITERATURA CITADA

- Barrons, K.C. 1939. Natural crossing in beans at degrees of isolation, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 36: 637-640.
- Debouck, D.G. 1987. Recolección de germoplasma de *Phaseolus* en el centro y centro-sur del Perú. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy, 44p
- Debouck, D. & J. Thohme-1988. bean breeders- Implications for bean breeders of studies on the origins of common beans *Phaseolus vulgaris* L. Beebe, S. (ed.). Current topics in breeding of common bean. Working Document No 47. 438 pp. Bean Program CIAT; Cali, Colombia.
- Debouck D, O Toro, O M Paredes, W C Jonson, P Gepts. 1993. Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in Northwestern South America. *Econ. Bot.* 47:408-423.
- Beebe, S., Toro Ch, O., González, A. V., Chacón, M. I., and Debouck, D. G. 1997. Wild-weed-crop complexes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae) in the Andes of Peru and Colombia, and their implications for conservation and breeding. *Genet. Resour. Crop Evol.* 44, 73-91.
- Chacon, S.; Martinez C. Duitama & Debouck .2021.Gene Flow in *Phaseolus* Beans and Its Role as a Plausible Driver of Ecological Fitness and Expansion of Cultigens. *Front. Ecol. Evol.*, 21 May 2021 <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.618709>
- Delgado-Salinas, A. A Bonet, P Gepts. 1988. The wild relative of *Phaseolus vulgaris* in Middle America. In: Genetic Resources in *Phaseolus* beans. P Gepts (ed). Kluwer Academic Publishers. pp:163-184.
- Emerson, R. 1904. Heredity in bean hybrids. *Rep. Agric. Exp. Stn. Nebr.* 17 : 34-43pp.
- Espinosa, G.L. A. Anatoly Lygin, J. M. Widholm, M. E. Valverde, and O. Paredes-Lopez. 2006. Polyphenols in Wild and Weedy Mexican Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) . *Agric. Food Chem.* 54, 12, 4436- 4444 pp.
- Esquivel, M., Castiñeiras, L., and Hammer, K. 1990.. Origin, classification, variation and distribution of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in the light of Cuban material. *Euphytica* 49, 89-97. doi: 10.1007/bf00027258.
- Freyre, R. Ríos, R., Guzmán, L., Debouck, D. G., and Gepts, P. 1996. Ecogeographic distribution of *Phaseolus* spp. (Fabaceae) in Bolivia. *Econ. Bot.* 50, 195-215. doi: 10.1007/bf02861451
- Freytag, F. and D. G. Debouck. 2002. Taxonomy, Distribution and Ecology of the Genus *Phaseolus* (Leguminosae-papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. *BRIT. USA.* 300 pp.
- Gepts P. and D. Debouck. 1991. Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Common Beans Research for Crop Improvement. A V Schoonhoven, O Voysest (eds.). CIAT, Colombia. pp:7-53.
- González-Torres RI. E. Gaitán, M.C. Duque O. Toro; C. Ocampo, J. Tohme, & D.G. Debouck. 2003. Monitoring gene flow between wild relatives and landraces of common bean in Costa Rica Bean Improvement Cooperative. *Annual Report (USA).* 46:1-2.

- Harlan, J.R. 1965. The possible role of weed races in the evolution of cultivated plants. *Euphytica*. 14:173-176.
- Harlan, J.R. and J.M.J. de Wet. 1965. some thoughts about weeds. *Econ.Bot.* 18:16-24.
- Lépiz I., R., J. López Alcocer, J. Sánchez González, F. Santacruz-Ruvalcaba, R. Nuño Romero y E. Rodríguez Guzmán. 2010. Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 33 (1): 21 – 28, 2010
- Linneo. 1753. *Species Plantarum* 2: 723. 1753. (1 May 1753) consultado en <https://www.biodiversitylibrary.org/page/358744#page/165/mode/1up>
- Lot, A. y F. Chiang (compiladores), Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos, Inst. Biol. UNAM, Consejo Nacional de la Flora de México, México DF, 1986, pp. 87-133.
- Mackie, W.W. and F.L. Smith. 1935. Evidence of field hybridization in beans. *Jou.rAmer. Soc. Agron.*27: 903 – 909 pp.
- Magruder, R. and Wester, RE. 1940. Natural crossing of lima beans in Maryland. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 37: 732-736.
- Martínez-Castillo, J., D. Zizumbo-Villarreal, H. Perales-Rivera, and P. Colunga-García M. 2004 Intraspecific diversity and morpho-phenological variation in *Phaseolus lunatus* from the Yucatan peninsula, Méx. <http://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/877>
- Meza-Vázquez, K. R. Lépiz-Ildefonso, J. López-Alcocery M. Morales-Rivera. 2015. Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (1): 17 – 28.
- Miranda, C. S. 1990. Infiltración genética de *Phaseolus vulgaris* en *P. coccineus*. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. 58 p.
- Ocampo, C.H. and O. Toro Ch. 2004 Biochemical evidence supporting the existence of a weedy form in tepary bean (*Phaseolus acutifolius* A. Gray). International Center for Tropical Agriculture CIAT, AA 6713, Gali Colombia.
- Papa R, P Gepts. 2003. Asymmetry of gene flow and differential geographical structure of molecular diversity in wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Mesoamerica. *Theor. Appl. Genet.* 106:239-250.
- Vanderborgh T. 1983. Evaluation of *Phaseolus vulgaris* wild types and weedy forms. *Plant Genet Res Newslet* 54:18-25.
- Vargas Vázquez, M., S. Muruaga Martínez, R. Lépiz Ildefonso, A. Pérez Guerrero. 2012. La colección INIFAP de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) I. Distribución geográfica de sitios de colecta. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(6).
- Zizumbo-Villarreal, D. P.Colunga-García Marín, E. Payró de la Cruz, P. Delgado-Valerio, P. Gepts. 2005. Population Structure and Evolutionary Dynamics of Wild-Weedy-Domesticated Complexes of Common Bean in a Mesoamerican Region. *Crop Sci J.* vol 45 - 3. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.034>

## **DIVERSIDAD DEL GÉNERO *Cosmos* spp. EN LA COLINDANCIA DE LOS ESTADOS DE DURANGO, ZACATECAS Y JALISCO.**

M. Gabriela Ramírez-Valadez <sup>1\*</sup>, Norma Arellano-Ferrel<sup>2</sup>, Maihualy Martínez-Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana Km 4.5 carretera Durango-El Mezquital, Dgo. Durango. <sup>2</sup> Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Av. Tecnológico 2010, Tala Jalisco. \*Autor de correspondencia: ga\_bi05@hotmail.com

### **Introducción**

La familia Astereaceae es el grupo de angiospermas más diverso en México y cerca del 63% de sus especies son endémicas (Turner y Nesom, 1998; Villaseñor, 1993) *Cosmos* es uno de los géneros monofiléticos más diversos de la tribu Coreopsidae (Asteraceae). El grupo incluye 35 especies y cuatro taxa infraespecíficos restringidos al continente americano. México representa el centro de diversificación de *Cosmos*. En su territorio crecen 34 especies, de las cuales, 32 son endémicas (Crawford *et al.*, 2009), se encuentran distribuidos en prácticamente todo el país a excepción de Baja California y Yucatán. Amado-Vargas *et al.*, (2013) identificaron tres regiones de alta riqueza, la primera se encuentra en el occidente de Jalisco, la segunda en el estado de México y la tercera al sur de Durango. Sus inflorescencias (cabezuelas) son muy vistosas, lo que convierte a estas plantas como elemento de ornato. La subutilización de la biodiversidad con potencial ornamental como los *Cosmos* se manifiesta en escaso beneficio económico y bienestar de las comunidades rurales. Sin una adecuada caracterización y evaluación, la valiosa diversidad de este género permanecerá pobremente comprendida. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio, es conocer la diversidad de especies de *Cosmos* presentes en la colindancia de los estados de Durango, Zacatecas y Jalisco.

### **Materiales y Métodos**

En el periodo de agosto-noviembre del 2019, se colectaron plantas del género *Cosmos*, en siete comunidades del estado de Durango; tres del estado de Zacatecas y una comunidad del estado de Jalisco. Las muestras de material vegetal se trasladaron al Laboratorio de Usos Múltiples del INIFAP - Durango donde se realizó la identificación de las especies de acuerdo con la clave dicotómica propuesta por Castro-Castro *et al.* (20014).

### **Resultados y Discusión**

En la colindancia de los estados de Durango, Zacatecas y Nayarit se identificaron 12 especies de *Cosmos* (Cuadro 1). De acuerdo con Vargas-Amado *et al.* (2013) los estados de Durango, Guerrero, Jalisco y México son las entidades con mayor diversidad y endemismos. Jalisco es el estado con la mayor riqueza, con 19 taxa, seguido de Durango con 12 y el Estado de México y Guerrero con 11 cada uno.

En el Estado de Zacatecas Castro-Castro *et al.*, (2014) reporta la presencia de 8 especies de *Cosmos* (*C. bipinnatus*, *C. parviflorus*, *C. sulphureus*, *C. concolor*, *C. montanus*, *C. palmeri*, *C. scabiosoides* y *C. crithmifolius*). En las tres localidades donde se llevó a cabo la colecta de plantas (Tepetates, Bajío del Tablero y San Miguel de pajaritos), pertenecientes al municipio de Valparaíso, Zacatecas se lograron coleccionar e identificar nueve especies, de las cuales, las especies *C. crithmifolius*, *C. palmeri*, *C. bipinnatus*, *C. parviflorus* y *C. scabiosoides* coinciden con las especies reportadas por Amado-Vargas *et al.* (2013) para este estado, sin embargo, se identificaron las especies *C. longipetiolatus*, *C. linearifolius*, *C. carvifolius*, *C. deficiens* y *C. intercedens* de las cuales no se reporta su presencia en el estado de Zacatecas, pero si en los estados de Jalisco y Durango.

Cuadro 1. Especies de *Cosmos* identificadas en la colindancia de los estados de Durango, Zacatecas y Jalisco.

Estado	Municipio	Comunidad	Ubicación geográfica		Especies encontradas
Zacatecas	Valparaíso	Tepetates	22°32'19.4" N 104°18'44.6" W	N	<i>C. longipetiolatus</i> , <i>C. linearifolius</i> , <i>C. carvifolius</i> , <i>C. deficiens</i> y <i>C. crithmifolius</i> ,
		Bajío del Tablero	22°37'33.9" N 104°14'14.9" W	N	<i>C. intercedens</i>
		San Miguel de Pajaritos	22°40'07.9" N 104°16'40.7" W	N	<i>C. palmeri</i> , <i>C. scabiosoides</i> y <i>C. bipinnatus</i>
		Canoas	22°37'38.3" N 104°17'19.2" W	N	<i>C. jaliscensis</i> , <i>C. crithmifolius</i> , <i>C. palmeri</i> y <i>C. bipinnatus</i>
		Mesa de Soyates	22°39'23.7" N 104°17'21.1" W	N	<i>C. carvifolius</i> , <i>C. intercedens</i> y <i>C. linearifolius</i>
		Tierra Arada	22°40'55.8" N 104°16'27.6" W	N	<i>C. scabiosoides</i> y <i>C. parviflorus</i>
Durango	El mezquital	Las Iglesias	22°34'32.5" N 104°14'36.7" W	N	<i>C. intercedens</i> y <i>C. bipinnatus</i>
		Los Lasos	22°37'57.6" N 104°16'31.2" W	N	<i>C. crithmifolius</i> , <i>C. bipinnatus</i> , y <i>C. scabiosoides</i>
		Banco de Lechuguillas	22°40'13.6" N 104°22'12.3" W	N	<i>C. sulphureus</i> y <i>C. parviflorus</i>
		Brillera	22° 37'44.3" N 104°17' 16.8" W	N	<i>C. intercedens</i> , <i>C. palmeri</i> y <i>C. bipinnatus</i>
Jalisco	Huejuquilla el Alto	Huejuquilla el Alto	22°37'05.7" N 103°56'23.1" W	N	<i>C. sulphureus</i> .

En el estado de Durango se coleccionaron plantas de seis localidades diferentes todas pertenecientes al municipio de El Mezquital (Cuadro 1), donde se encontraron e identificaron 10 especies de *Cosmos* (*C. parviflorus*, *C. bipinnatus*, *C. carvifolius*, *C. crithmifolius*, *C. linearifolius*, *C. sulphureus*, *C. jaliscensis*, *C. scabiosoides*, *C. palmeri* y *C. intercedens*), de las cuales de acuerdo con Melchert (2010), *C. jaliscensis* solo está presente en el estado de Jalisco, mientras que *C. intercedens* se reporta solo en los estados de Jalisco y Nayarit. Las demás especies se reportan presentes en el estado de Durango de acuerdo con Castro-Castro *et al.* (2014).

Un área particularmente rica en endemismos es el sur de Durango, este sitio está ubicado en el sur de la Sierra Madre Occidental, que es una cadena montañosa que funciona como corredor, barrera o refugio de especies endémicas, actualmente se han identificado las siguientes especies endémicas en esta área: *Cosmos concolor*, *C. linearifolius* var. *linearifolius*, *C. linearifolius* var. *magnifolius*, *C. linearifolius* var. *maysilessi*, *C. ochroleucoflorus* y *C. pringlei*, (Vargas-Amado *et al.*, 2013). Sin embargo, en este estudio solo se encontró e identificó la especie *C. linearifolius*.

En el estado de Jalisco solo se colectó material vegetal de una localidad, en la cual se identificó a *C. sulphureus*, (Cuadro 1) la cual está ampliamente reportada en el estado de Jalisco (Melchert, 2010).

## Conclusiones

Se colectaron e identificaron en el estado de Zacatecas cinco especies (*C. longipetiolatus*, *C. linearifolius*, *C. carvifolius*, *C. deficiens* y *C. intercedens*) de las que no se tiene reporte de su presencia en el estado. *Cosmos jaliscensis* y *C. intercedens*, fueron colectadas e identificadas en el estado de Durango, aunque no se ha reportado su presencia en este estado.

## Literatura Citada

- Castro-Castro A., Vargas-Amado G., Harker M., Rodríguez A. 2014. Análisis macromorfológico y citogenético del género *Cosmos* (Asteraceae, Coreopsidae), con una clave para su identificación. *Bonataical Sciences* 92(3): 363-388.
- Crawford, D. J., M. Tadesse, M. E. Mort, R. T. Kimball y C. P. Randle. 2009. Coreopside. *In* Systematics, evolution, and biogeography of Compositae, V. A. Funk, A. Susanna, T. F. Stuessy y R. J. Bayer (eds.). International Association for Plant Taxonomy, Vienna. P. 713-730.
- Melchert T.E. 2010. *Cosmos*. *In*: The Comps of Mexico A Systematic Account of the Family Asteraceae (Chapter 10: subfamily Coreopsidae), *Phytologia Memoirs* Vol. 15, pp 82-105, Texensis Publishing, Gruver.
- Turner, B. L. y G. L. Nesom. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. *In* Diversidad biológica de México: orígenes y distribución, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (EDS). Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. p. 545-561.
- Villaseñor J. L. 1993. La familia Asteraceae en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 44:117-124.
- Vargas-Amado G., Castro-Castro A., Harker M., Villaseñor J. L., Ortiz E., y Rodríguez A. 2013. Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 536-555.

## **CONCENTRACIÓN DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN GENOTIPOS DE *Lotus corniculatus* L. EN RESPUESTA A DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD DEL SUELO**

Luis Ángel González-Espíndola<sup>1\*</sup>, Aurelio Pedroza-Sandoval<sup>1</sup>, Gabino García de los Santos<sup>2</sup>, Ricardo Trejo-Calzada<sup>1</sup>, Perpetuo Álvarez-Vázquez<sup>3</sup>, Jesús Josafath Quezada-Rivera<sup>4</sup>, Maria del Rosario Jacobo Salcedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, (URUZA- UACH) Km. 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. <sup>3</sup>Departamento de Recursos Naturales Renovables- UAAAN. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP. 25315. <sup>4</sup>Facultad de Ciencias Biológicas-UJED. Av. Artículo No. 123, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35010. \*Autor de correspondencia: qfbgonzalez\_espindola@hotmail.com

### **Introducción**

*Lotus corniculatus* L. es una especie forrajera de la familia de las leguminosas (Casler y Undersander, 2018), con potencial de adaptación a diferentes ambientes tanto favorables como desfavorables (Guillen y Widdup, 2008). La concentración de clorofila en las hojas de las plantas, es determinante en la captación de radiación lumínica y su posterior reconversión a energía en forma de ATP y NADPH, lo cual es vital en la actividad metabólica (España-Boquera et al., 2010). Los centros fotosintéticos relacionados a la producción de las clorofilas, pueden ser afectados a través de procesos oxidativos por factores ambientales adversos como temperaturas extremas, déficit hídrico, entre otros, aunque la respuesta de tolerancia puede variar dependiendo de la especie vegetal en referencia (González et al. 2001). El objetivo del estudio fue cuantificar el contenido de pigmentos fotosintéticos en cinco genotipos de *Lotus corniculatus* en condiciones óptimas y subóptimas de humedad en el suelo.

### **Materiales y Métodos**

El experimento se estableció en la mallasombra del campo experimental en la URUZA-UACH. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron los contenidos de humedad (CH): Óptimo (23 - 27 %) y Subóptimo (18 - 22 %). Las parcelas chicas fueron los genotipos de *Lotus corniculatus*, identificados como: 255301, 255305, 202700, 226792 y el denominado con el nombre Estanzuela Ganador. La unidad experimental (UE) constó de una planta por maceta plástica de 18 Kg. El sustrato empleado fue una mezcla de proporción 50/30/20 (suelo/composta/arena). El CH se mantuvo de forma homogénea hasta los 15 días después del trasplante (DDT); posteriormente, se realizó la diferenciación del CH. El volumen de riego se determinó por gravimetría acorde a la demanda de la planta. La cuantificación del contenido de clorofila se realizó por espectrofotometría a los 50 y 92 días después del primer corte (DDC).

La absorbancia fue medida con un espectrofotómetro UV-VIS DR 5000 a 470 nm (carotenoides), 653 nm (clorofila b, *Chl b*) y 666 nm (clorofila a, *Chl a*). El cálculo de la concentración se realizó con las fórmulas propuestas por Wellburn (1994).

## Resultados y Discusión

La concentración de Chla por CH presentó una diferencia significativa ( $p=0.043$ ,  $g.l=9$ ,  $f=2.487$ ) a los 50 DDC. El genotipo 255305 en el CH subóptimo registró la mayor concentración de Chla (94.958 mg g pf-1), mientras que los genotipos 226792 y E. ganador mostraron las menores concentraciones (60.042 y 58.094 mg g pf-1 respectivamente) en el CH óptimo y subóptimo (Fig. 1a). El contenido de Chlb por CH presentó una diferencia significativa ( $p=0.089$ ,  $g.l=9$ ,  $f=2.039$ ) a los 50 DDC (Fig. 1b). El genotipo 255305 bajo CH subóptimo expresó la mayor concentración de Chlb (85.369 mg g pf-1), en tanto que, E. ganador mostró menor concentración (46.662 mg g pf-1) en CH subóptimo.

La concentración de carotenoides por CH presentó una diferencia significativa ( $p=0.015$ ,  $g.l=9$ ,  $f=3.187$ ) a los 50 DDC (Fig. 1c). El mayor contenido de carotenoides se expresó en los genotipos 255301 (7.183 mg g pf-1) y E. ganador (6.409 mg g pf-1) en el CH subóptimo y óptimo respectivamente. La menor concentración fue 2.279 mg g pf-1 en el genotipo 202700 bajo el CH óptimo. La concentración de cT por CH presentó una diferencia significativa ( $p=0.083$ ,  $g.l=9$ ,  $f=2.081$ ) a los 50 DDC (Fig. 1d) La mayor concentración calculada de cT se observó en los genotipos 255301 (7.183 mg g pf-1) y E. ganador (6.409 mg g pf-1) en el CH subóptimo y óptimo respectivamente. La menor concentración fue 2.279 mg g pf-1 en el genotipo 202700 bajo el CH óptimo. La concentración de Chla, Chlb, carotenos y cT careció de significancia a los 92 DDC.

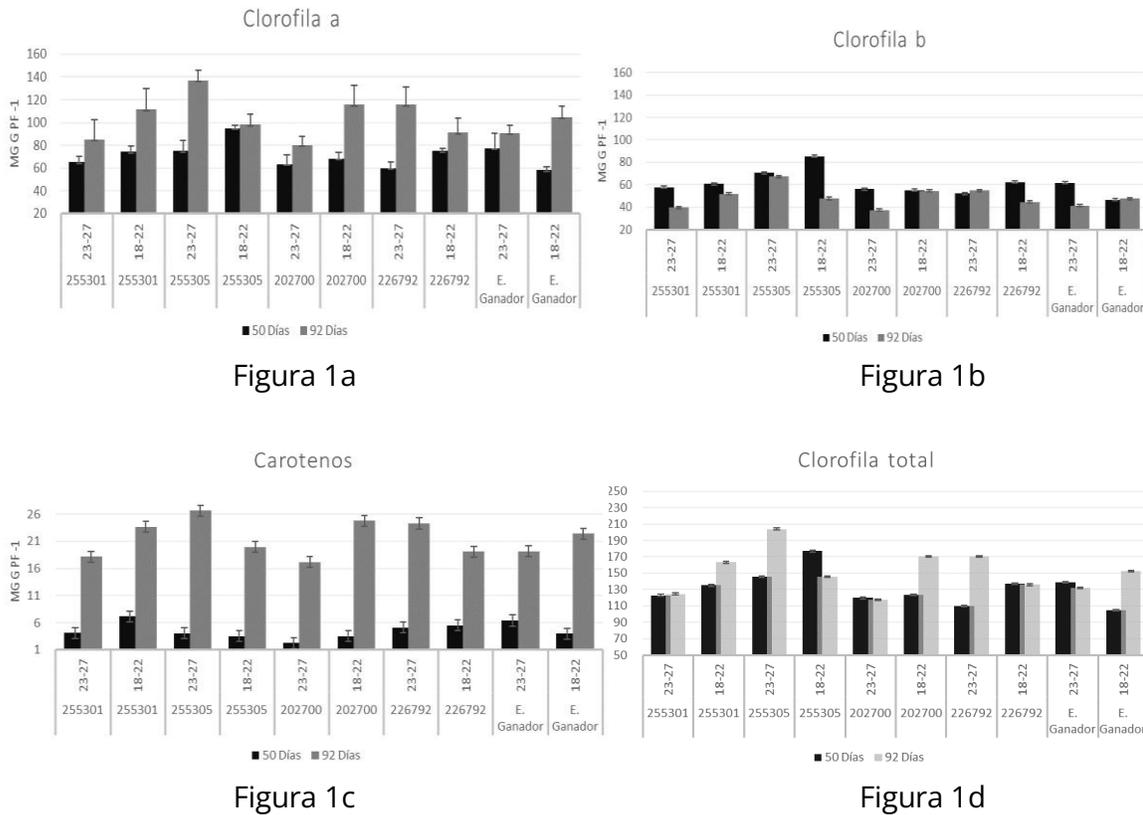


Figura 1. Concentración de clorofila (1a), clorofila b (1b), carotenos (1c), clorofila total (1d) expresada en mg g pf-1 de cinco genotipos evaluados bajo dos condiciones de humedad.

La concentración de pigmentos en todos los genotipos denota variaciones con respecto al tiempo transcurrido después del establecimiento del experimento. Los resultados obtenidos mostraron que el CH no representó una variación considerable para la concentración de pigmentos en el género *Lotus*, lo cual es contrario a lo reportado por Argente et al., (2006), quienes indican que la concentración de pigmentos disminuye significativamente en plántulas de trigo cultivadas bajo condiciones de estrés.

### Conclusiones

El contenido de pigmentos fotosintéticos depende más de los genotipos de *Lotus corniculatus*, respecto del efecto encontrado en los contenidos de humedad evaluados en este estudio. La concentración de *Chla*, *Chlb* y carotenos sugieren un incremento en la capacidad fotosintética en el intervalo evaluado. Las evaluaciones sugieren tolerancia de estos genotipos a condiciones de estrés hídrico.

## Literatura Citada

- 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., & Undersander, D. J. (2018). Identification of temperate pasture grasses and legumes. In *Horse Past-ure Management*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812919-7.00002-0>
- España-Boquera, M. L., Lobit, P., & Castellanos-Morales, V. (2010). Leaf Chlorophyll Content Estimation in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(2), 175. <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.2.175>
- González, J., Pastenes, C., & Horton, P. (2001). Efecto de la temperatura, el estrés hídrico y luminoso sobre la heterogeneidad del fotosistema II en cuatro variedades de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista chilena de historia natural*, 74(4), 779-791.
- 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.
- Wellburn AR (1994) The special determination of chlorophylls a and b as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology* 144: 307-313.

## EFFECTO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE ACLAREO EN LA HUMEDAD DEL SUELO DE UN BOSQUE SEMISECO DE ENCINO-PINO

Argelia E. Rascón Ramos<sup>1</sup>, Gabriel Sosa Pérez<sup>2\*</sup>, Martín Martínez Salvador<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco R. Almada Km. 1, Chihuahua, Chihuahua. C.P. 31453, México. <sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental La Campana, Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga, Aldama, Chihuahua, C.P. 32910, México. \*Autor de correspondencia: sosa.gabriel@inifap.gob.mx

### Introducción

El conocimiento de la humedad del suelo es fundamental para desarrollar una comprensión de numerosos procesos hidrológicos en la investigación de la hidrología del suelo, la meteorología y la ecología (Chow, 1964). La humedad del suelo varía mucho tanto en el espacio como en el tiempo porque está controlada por varios factores como la dinámica atmosférica, las propiedades del suelo, las características de la vegetación y las características topográficas (Chow, 1964).

La estructura del dosel, por lo tanto, juega un papel importante en los ecosistemas boscosos debido a la interceptación de la lluvia, la absorción de humedad para la transpiración y la sombra del suelo del bosque, lo que afecta el microclima del sub-dosel y el secado por evaporación del suelo (He *et al.*, 2013). En consecuencia, la humedad del suelo puede verse afectada por prácticas silvícolas, incluido el aclareo. Hay varios estudios sobre los efectos del aclareo y la tala sobre el almacenamiento de agua del suelo, incluida la variabilidad espacial y temporal (He *et al.*, 2012; He *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2017; Zou *et al.*, 2008).

Algunos estudios informan que el aclareo de alta intensidad en los bosques secos aumenta el contenido de agua del suelo debido a la reducción de las tasas de interceptación y transpiración (Del Campo *et al.*, 2019; Dung *et al.*, 2012). Varios estudios también han reportado un mayor contenido de agua en el suelo en rodales de pino ponderosa de baja densidad en comparación con rodales más densos (Feeney *et al.*, 1998; Stone *et al.*, 1999; Zou *et al.*, 2008). Sin embargo, un aclareo intenso también podría aumentar la evaporación del suelo y disminuir la humedad del suelo (Dunkerley, 2000; Zhu *et al.*, 2017).

A pesar de los numerosos estudios, persiste una gran incertidumbre, ya que los resultados varían mucho con el clima, el tipo y la edad del bosque, el tipo y la profundidad del suelo, el tipo y la intensidad del aclareo y el tiempo transcurrido desde el aclareo (He *et al.*, 2012; Dunkerley, 2000; Zhu *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo general de este estudio fue analizar los cambios en la humedad del suelo de tres microcuencas con densidades arbóreas similares sujetas a diferentes intensidades de aclareo en un bosque semiseco de Chihuahua, México.

## Materiales y Métodos

El área de estudio se ubica dentro de la cuenca del río Santa María en el municipio de Namiquipa, Chihuahua. La temperatura media anual es de 14.8°C y la precipitación media anual es de 494 mm, de la cual el 80% precipita entre los meses de junio y octubre (CONAGUA, 2020). El área está a una elevación de 2150 msnm y las especies arbóreas predominantes son: *Quercus hypoleucoides* A. Camus, *Quercus grisea* Liebm, y *Pinus engelmannii* Carriere. El suelo es Feozem Háplico derivado de la desintegración de rocas ígneas y la textura es franco-arcillosa (INEGI, 2003). Se delimitaron tres pequeñas microcuencas con características similares de suelo y vegetación.

Los límites de cada microcuenca se definieron por su parteaguas y las superficies fueron: 0.27, 0.20 y 0.19 hectáreas. El estudio incluyó dos períodos: antes del aclareo (2018) y después del aclareo (2019). El análisis se concentró en la época de lluvias de cada año (junio-octubre). El aclareo se realizó en enero de 2019 con 0% (control), 80% y 40% de intensidad para las microcuencas 1, 2 y 3, respectivamente. Las densidades de árboles restantes después del aclareo fueron 100%, 20% y 60% para las microcuencas 1, 2 y 3, respectivamente.

Se instalaron dos pluviómetros de balancín (RainWise Inc) de 203 mm de diámetro para medir la precipitación. La resolución de los pluviómetros fue de 0.25 mm por cada registro y cada uno contó con un registrador HOBO event que se descargó periódicamente con el software HOBOWare Pro. Los datos del pluviómetro fueron analizados con el programa RIST (Rainfall Intensity Summarization Tool) versión 3.94 (USDA, 2015). El contenido volumétrico de agua del suelo (VWC) se midió con sensores WaterScout SM100 (Spectrum Technologies Inc, 2018) con una resolución del 0.1% y una precisión del 3%. Se colocaron dos sensores en cada microcuenca a 20 cm de profundidad en dos escenarios: 1) debajo del dosel y 2) fuera del dosel.

Los sensores se conectaron a una microestaciones WatchDog serie-1000, que registró VWC cada 30 min. Los registros de humedad del suelo se relacionaron con el tiempo de inicio y finalización de cada evento de precipitación para seleccionar el VWC máximo y promedio para cada evento de lluvia. Además, se calcularon los valores medios y máximos diarios, mensuales y de toda la temporada de lluvias. La diferencia antes y después del aclareo para cada microcuenca se analizó mediante muestras pareadas. Además, los datos se analizaron utilizando el diseño Antes-Después-Control-Impacto (BACI) (Smith, 2002). El análisis BACI se realizó entre las microcuencas 1 y 2; y 1 y 3. El nivel de significancia utilizado para determinar las diferencias fue  $p \leq 0.05$ . Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software SAS (SAS Institute, Inc. 2002-2010).

## Resultados y Discusión

Considerando los registros de cada 30 min, la humedad del suelo durante toda la época de lluvias en las microcuencas 1 y 2 fue similar, con una media de 9.3% y 9.2%, respectivamente. La humedad media del suelo en la microcuenca 3 fue un poco más baja con 7.2%. La diferencia relativamente pequeña con respecto a la microcuenca 3 fue más evidente durante los eventos de lluvias grandes (> 30 mm), mientras que la humedad del suelo durante los eventos de lluvias pequeñas (<10 mm) fue similar entre las tres cuencas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Métricas de precipitación y contenido volumétrico de agua para tres eventos de lluvia grandes (> 30 mm) y tres eventos de lluvia pequeños (<10 mm) antes del aclareo (2018).

Fecha	P (mm)	D (h)	I <sub>30</sub> (mm h <sup>-1</sup> )	API (mm)	VWC (%)					
					Microcuenca 1		Microcuenca 2		Microcuenca 3	
					Max	Media	Max	Media	Max	Media
Eventos grandes										
Sep 26	59.3	6.6	49.8	72.0	44.3	28.4	43.1	24.5	49.2	16.9
Oct 4	36.8	5.1	29.0	73.8	43.1	23.1	41.4	20.4	44.9	10.2
Oct 23	34.2	7.3	26.9	45.5	43.1	25.3	-	-	41.4	10.0
Eventos pequeños										
Jun 29	4.8	2.5	4.8	18.7	2.1	1.7	2.4	2.2	2.8	2.5
Ago 4	10.5	9.2	9.8	26.2	27.5	6.6	13.6	5.0	24.9	7.2
Ago 9	6.7	10.4	2.1	34.8	7.9	5.8	11.9	8.5	6.9	7.1

P=Precipitación; D= Duración; I<sub>30</sub>: Intensidad de lluvia en 30 minutos; API: Índice de antecedente de precipitación; VWC: Contenido volumétrico de agua.

La diferencia en la humedad media diaria del suelo entre las microcuencas 1 y 2 antes del aclareo (2018) no fue significativa ( $p = 0.18$ ), pero la diferencia entre las microcuencas 1 y 3 sí fue significativa ( $p \leq 0.0001$ ). Esto se debe a que la microcuenca 3 tuvo valores más bajos en comparación con las cuencas 1 y 2 (Cuadro 1).

Para el año 2019 (después del aclareo), los registros de humedad del suelo en la microcuenca 1 (0% de aclareo) tuvieron la misma tendencia que en 2018, con la misma media de 9.3% durante todo el período. Por el contrario, la humedad del suelo en las microcuencas 2 y 3 fue mayor con una media de 14.1% y 10.1%, respectivamente. Estos valores representaron un aumento de la humedad del suelo del 53% para las microcuencas 2 (80% de aclareo) y del 40% para las microcuencas 3 (40% de aclareo). La diferencia entre las microcuencas 1 y 2 fue significativa ( $p \leq 0.0001$ ), al igual que la diferencia entre las microcuencas 1 y 3 ( $p \leq 0.0001$ ). No obstante, la diferencia entre estas últimas dos microcuencas era de esperarse dados los valores más bajos de la cuenca 3 antes del aclareo.

La diferencia en la humedad del suelo después del aclareo se produjo principalmente por pequeños eventos de lluvia. Los datos sobre los eventos de lluvia individuales mostraron que durante los eventos de lluvia pequeños (<10 mm), el aumento de la humedad del suelo en las microcuencas 2 y 3 fue mayor, en comparación con la microcuenca 1 (Cuadro 2). Sin embargo, el aumento de la humedad del suelo durante eventos grandes (> 30 mm) fue de la misma magnitud para las tres microcuencas.

Cuadro 2. Métricas de precipitación y contenido volumétrico de agua para tres eventos de lluvia grandes (> 30 mm) y tres eventos de lluvia pequeños (<10 mm) después del aclareo (2019).

Fecha	P (mm)	D (h)	I <sub>30</sub> (mm h <sup>-1</sup> )	API (mm)	VWC (%)					
					Microcuenca 1		Microcuenca 2		Microcuenca 3	
					Max	Avg	Max	Avg	Max	Avg
Eventos grandes										
Jul 4	36.6	10.9	40.9	49.5	45.5	27.6	36.6	27.0	50.6	15.8
Ago 20	38.7	8.8	37.2	67.5	47.9	22.3	37.8	26.2	49.2	11.1
Sep 30	31.5	15.7	11.7	48.5	38.4	23.2	35.5	28.3	27.5	14.1
Eventos pequeños										
Jul 18	10.5	1.6	17.8	35.3	29.7	13.9	37.2	28.4	48.5	18.1
Ago 28	6.5	0.6	12.5	59.9	8.6	7.9	24.4	24.0	20.5	15.4
Sep 07	7.4	3.4	5.9	41.4	13.6	8.7	23.1	18.8	18.3	9.2

P=Precipitación; D= Duración; I<sub>30</sub>: Intensidad de lluvia en 30 minutos; API: Índice de antecedente de precipitación; VWC: Contenido volumétrico de agua.

No hubo diferencias significativas en el antes y el después para la microcuenca 1 (0% de aclareo), ya sea debajo o entre el dosel. En contraste, la microcuenca 2 (80% de aclareo) tuvo diferencias significativas en el antes-después en ambos escenarios de dosel, al igual que la microcuenca 3 (40% de aclareo), excepto por los valores máximos fuera del dosel en la cuenca 3. El análisis Antes-Después-Control-Impacto indicó que existe evidencia del impacto del aclareo en el incremento de la humedad media diaria del suelo al comparar las microcuencas 1 vs 2 ( $p \leq 0,0001$ ). Por el contrario, no hubo evidencia de impacto cuando se utilizaron los valores máximos diarios ( $p = 0.15$ ).

Estos hallazgos fueron consistentes al comparar las microcuencas 1 vs 3, ya que el impacto fue significativo usando la humedad media diaria del suelo ( $p = 0.04$ ), pero no hubo evidencia de impacto usando los valores máximos ( $p = 0.29$ ). En general, los resultados fueron consistentes, lo que indica que el impacto del aclareo en la humedad del suelo fue más perceptible durante los eventos de lluvias pequeñas que durante los eventos grandes.

Previos estudios han revelado que los rodales con bajas densidades tienen mayor contenido de agua en el suelo debido a la reducción de las tasas de interceptación y transpiración (Gebhardt *et al.*, 2014; Zou *et al.*, 2008). Uherková (2016) encontró un aumento en la humedad del suelo entre 26% y 43% luego de aplicar un aclareo del 50% en un bosque de *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.

Asimismo, Zou *et al.* (2008) encontraron que el aumento de la humedad del suelo en un ecosistema semiárido era mayor después del raleo, incluso en capas más profundas porque los árboles consumen cantidades excesivas de agua almacenada principalmente en las capas subsuperficiales del suelo. Zhu *et al.* (2017) también encontraron que el aclareo aumentó la humedad del suelo a una profundidad de 40 cm, incluso cuando la densidad residual fue mayor en comparación con el presente estudio.

En relación a la respuesta de la humedad del suelo a la cantidad de lluvia, nuestros datos indican que solo 5 mm durante los primeros 30 minutos de un evento de lluvia fueron suficientes para alcanzar valores de 45% de humedad del suelo después del aclareo. Esta cantidad corresponde al 50% de la cantidad necesaria antes del aclareo. Esto podría explicarse por la interceptación del dosel, ya que el adelgazamiento reduce la interceptación permitiendo que el agua llegue al suelo inmediatamente (Gebhardt *et al.*, 2014). No obstante, la interceptación podría ser insignificante durante grandes eventos de lluvia y esto explica la respuesta similar entre las microcuencas durante eventos superiores a 30 mm. Estudios en otros ecosistemas, por ejemplo, han encontrado que la interceptación estaba entre 30% y 74% cuando la precipitación y la intensidad de la lluvia estaban por debajo de 20 mm y 15 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente; pero la interceptación disminuyó a entre 10% y 20% para eventos por encima de esos umbrales (Brasil *et al.*, 2018).

## Conclusiones

La humedad del suelo fue baja y relativamente similar entre las tres microcuencas en 2018 (VWC promedio = 8.5%). Solo los grandes eventos de lluvia (> 30 mm) aumentaron significativamente la humedad del suelo (29% -52%). La humedad del suelo fue mayor y significativamente diferente entre las microcuencas después del aclareo (2019). La diferencia antes-después no fue significativa para el control, mientras que el 40% y 80% del aclareo aumentó la humedad del suelo significativamente en un 40% y 53%, respectivamente. Este aumento se notó principalmente durante los eventos de lluvias pequeñas (<10 mm), mientras que no se apreció una diferencia durante los eventos grandes.

## Literatura Citada

- Brasil, J.B., Andrade, E.M., De Queiroz-Palacio, H.A., Augusto-Medeiros, P.H., Neves-Dos Santos, J.C., 2018. Characteristics of precipitation and the process of interception in a seasonally dry tropical forest. *J. Hydrol.* 19, 307-317. [https://doi: 10.1016/j.ejrh.2018.10.006](https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.10.006).
- Chow, V.T., 1964. *Handbook of applied hydrology*. 1st ed. McGraw-Hill Book Company, New York.
- CONAGUA, 2020. Normales climatológicas de México por Estado. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chih> (accessed 22 April 2020).
- Del Campo, A.D., González-Sanchis, M., Molina, A.J., García-Prats, A., Ceacero, C.J., Bautista, I., 2019. Effectiveness of water-oriented thinning in two semiarid forests: The redistribution of increased net rainfall into soil water, drainage and runoff. *Forest Ecol. Manag.* 438, 163-175.
- Dung, B.X., Gomi, T., Miyata, S., Sidle, R.C., Kosugi, K., Onda, Y., 2012. Runoff responses to forest thinning at plot and catchment scales in a headwater catchment draining Japanese cypress forest. *J. Hydrol.* 444, 51-62.

- Dunkerley, D., 2000. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. *Hydrol. Process.* 14, 669-678.
- Feeney, S.R., Kolb, T.E., Covington, W.W., Wagner, M.R., 1998. Influence of thinning and burning restoration treatments on presettlement ponderosa pines at the Gus Pearson Natural Area. *Can. J. For. Res.* 28 (9), 1295-1306.
- Gebhardt, T., Häberleb, K., Matyssek, R., Schulze, C., Ammer, C., 2014. The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning. *Agr. Forest Meteorol.* 197, 235-243.
- He, L., Ivanov, V.Y., Bohrer, G., Thomsen, J.E., Vogel, C.S., Moghaddam, M., 2013. Temporal dynamics of soil moisture in a northern temperate mixed successional forest after a prescribed intermediate disturbance. *Agric. Forest Meteorol.* 180, 22-33.
- He, Z.B., Zhao, W.Z., Liu, H., Chang, X.X., 2012. The response of soil moisture to rainfall event size in subalpine grassland and meadows in a semi-arid mountain range: a case study in northwestern China's Qilian Mountains. *J. Hydrol.* 420-421, 183-190.
- INEGI, 2003. Síntesis de información geográfica del estado de Chihuahua. 1a ed. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática.
- SAS Institute Inc., 2002-2010. SAS 9.3 online documentation. Samples and SAS notes. North Carolina, USA: SAS Institute Inc.
- Stone, J.E., Kolb, T.E., Covington, W.J., 1999. Effects of restoration thinning on presettlement *Pinus ponderosa* in northern Arizona. *Restor. Ecol.* 7, 172-182.
- Uherková, B., 2016. The effect of thinning on soil moisture in young oak coppice. Project: Coppice as a biological and production alternative for future in the Czech Republic, Cost Action FP 1301 - EuroCOPPICE (No. LD15117). <https://doi:10.13140/RG.2.2.35370.21447>.
- USDA, 2015. RIST-Rainfall Intensity Summarization Tool (3.94). Oxford, MS, USA: Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture.
- Zhu, X., He, Z.B., Dua, J., Chen, L.F., Lin, P.F., Li, J., 2017. Temporal variability in soil moisture after thinning in semi-arid *Picea crassifolia* plantations in northwestern China. *Forest Ecol. Manag.* 401, 273-285.
- Zou, C.B., Breshears, D.D., Newman, B.D., Wilcox, B.P., Gard, M.O., Rich, P.M., 2008. Soil water dynamics under low-versus high-ponderosa pine tree density: ecohydrological functioning and restoration implications. *Ecohydrology* 1 (4), 309-315.

## **ANÁLISIS SENSORIAL DE UN TALLARÍN ENRIQUECIDO CON HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL: OPCIÓN PARA MEJORAR EL INGRESO DE LOS PRODUCTORES**

Blanca Sánchez Toledano<sup>1\*</sup>, Venancio Cuevas Reyes<sup>2</sup>, Raquel Cruz Bravo<sup>1</sup>,  
Jorge Zegbe Domínguez<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. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Estado de México, México. \*Autor de correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En América Latina, México se posiciona entre los principales países con mayor prevalencia de obesidad. Del año 2000 al 2016, el aumento de obesidad en mujeres adultas fue de 28 % a 38.6 % y en hombres de 19 % a 27.7 % (Ruiz-Cota *et al.*, 2019). Esta condición está relacionada con una alta ingesta de productos con bajos niveles nutricionales y falta de actividad física, entre otros (Ramírez *et al.*, 2003).

De acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), una dieta sana debe contener frutas, hortalizas, legumbres, cereales y nueces. Sin embargo, en México el consumo de cereales procesados (sopa de pasta, cereal de caja, galletas, etc.) es alto (Togo-Luna *et al.*, 2016). El consumo per cápita de pasta en el país oscila en 3.2 kg al año (INEGI, 2019) y su preferencia por los mexicanos se debe a que es un alimento versátil, de fácil preparación, con precio accesible y larga vida de anaquel (Castillo *et al.*, 2016). En consecuencia, con el propósito de mejorar la calidad de las pastas, es necesario elaborar productos que contengan significativamente más fibra, proteína, capacidad antioxidante y menor contenido de grasas. En la literatura se encuentran múltiples análisis de diversos tipos de pasta elaboradas con harinas de otros cereales, oleaginosas, leguminosas, carnes, huevos o vegetales (Aguilar *et al.* 1997; Ahmad *et al.*, 2018; Flores *et al.*, 2015; Granito *et al.* 2003; Witting *et al.*, 2002).

Debido a la evolución socioeconómica, las reglas gubernamentales y los cambios en los hábitos alimenticios de los consumidores, la fortificación de proteínas es una de las preocupaciones importantes para el desarrollo de alimentos (Udachan y Sahoo, 2017). Uno de los alimentos ricos en proteínas es el frijol, además, se sabe que la testa del frijol tiene un alto contenido de polifenoles, antocianinas, saponinas, y otros compuestos antioxidantes los cuales están relacionados, entre otros efectos benéficos, con la reducción del colesterol sérico e incremento de los niveles del colesterol HDL (colesterol bueno) (Chávez-Santoscoy *et al.*, 2013).

Por otra parte, los cotiledones del grano de frijol tienen un alto potencial nutracéutico debido a su contenido en proteínas, almidón resistente y fitoquímicos como inhibidores de tripsina, ácido fítico, lectinas e inhibidores de la  $\alpha$ -amilasa (Reyes-Moreno *et al.*, 1993). Pese a las características benéficas asociadas a la ingesta de esta leguminosa, en México el consumo de este producto ha disminuido en los últimos años, pasando de 18.9 a 8.8 kilos *per cápita*, en el período de 2000 a 2017. En respuesta, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, específicamente, el Campo Experimental Zacatecas ha desarrollado una pasta tipo tallarín que durante su elaboración es enriquecida con harina de cotiledón de frijol, y así, disminuir el uso de harina de trigo. En el mercado nacional, el análisis de los consumidores sobre sus preferencias y aceptación de una pasta, particularmente aquella enriquecida con harina de cotiledón de frijol, no ha sido explorado. El objetivo de la investigación consistió en evaluar sensorialmente una pasta tipo tallarín enriquecida con harina de cotiledón de frijol con la finalidad de valorar la aceptación y preferencia de compra por parte de consumidores en Zacatecas, México. Este estudio ayudará a promover la recuperación y aumento de la productividad del cultivo de frijol.

## **Materiales y Métodos**

La evaluación sensorial se realizó con un panel de 400 consumidores en la ciudad de Zacatecas, México; entre julio y octubre de 2019. El día que se llevó a cabo la evaluación sensorial se prepararon las diferentes pastas en agua hirviendo durante diez minutos, y posteriormente se enfriaron usando agua corriente a una temperatura externa de aproximadamente 20 ° C. Posteriormente, la pasta de tallarín fue dividida en porciones que contenía aproximadamente 5 gramos. Las muestras se prepararon únicamente con sal, sin ningún tipo de salsa. Además, las porciones se cubrieron con papel de aluminio para preservar los compuestos de olor. Los consumidores evaluaron en una condición ciega, la aceptabilidad de la pasta enriquecida con harina de cotiledón de frijol y la de trigo. La aceptación del panelista hacia el tallarín se evaluó basándose en la observación (apariencia, color, aroma, tamaño) y en la prueba (sabor, textura, suavidad y consistencia). Las muestras se presentaron de forma monódica, siguiendo un diseño en bloque completo y equilibrado para evitar el sesgo producido por el efecto del orden de presentación de las muestras (Di Monaco *et al.*, 2004). Además, los consumidores se enjuagaron la boca entre cada muestra. Cada consumidor puntuó la aceptabilidad utilizando una escala de 5 puntos (1 "no me gusta nada", 2 "no me gusta", 3 "me gusta más o menos", 4 "me gusta", 5 "me gusta mucho"). Los datos de aceptabilidad global fueron analizados utilizando estadísticos descriptivos. La información fue procesada y analizada en el programa estadístico SPSS Statistics versión 21.

## Resultados y Discusión

El análisis de los atributos extrínsecos (apariencia, color, aroma y tamaño), mostró que, en relación con la apariencia, la pasta de frijol tiene un aspecto visual más atractivo para los consumidores con un valor medio de 3.5 puntos en una escala de 1 a 5 (donde uno es indicativo de que no me gusta y 5 me gusta mucho). Lo anterior, pese a que al reducir el contenido de gluten algunos tallarines llegaban a deshacerse y perder firmeza (Granito y Ascanio, 2009).

El color y el tamaño fueron los atributos mejor valorados para la muestra de frijol con 3.7 y 3.5 puntos respectivamente. El color no se vio afectado a pesar de que se utilizó la variedad negro San Luis a la cual se le extrajo la testa, pero el proceso no fue 100 % eficiente y quedaron trazas de testa por lo que el color final del tallarín fue café oscuro. Sin embargo, los consumidores están acostumbrados a ver pastas tipo integral de color oscuro y no fue un atributo que afectara la decisión de compra. En cuanto al olor no hubo diferencias entre ambas muestras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores medios de atributos extrínsecos antes de la degustación.

Atributo	Pasta de trigo (M1)	Pasta de frijol (M2)
Apariencia	2.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>
Color	2.7 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>
Aroma	2.9 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>
Tamaño	3.2 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia,  $n = 400$ . Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ )

En cuanto a los atributos evaluados después de la degustación, los resultados muestran que no hubo diferencias significativas entre las pastas en cuanto a sabor, textura, suavidad y conciencia (Cuadro 2). Lo anterior, beneficia la aceptación del tallarín elaborado a base de frijol en el mercado nacional. Estos resultados son similares con el estudio realizado por Shogren *et al.* (2006), quienes en una evaluación sensorial de espagueti fortificado con harina de soya encontraron que el espagueti enriquecido con un 35 % de harina de soya en general, no indicó diferencias significativas en sabor y textura en comparación con el control sin soya. De igual manera, en estudios sobre la elaboración de lentejas a base de trigo y soya encontraron que las pruebas de aceptabilidad por el consumidor (escala hedónica de 9 puntos) indicaron que no hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la aceptación entre los productos elaborados base de trigo o soya y las lentejas como testigo (Abughoush *et al.*, 2015).

Algunos estudios han medido la aceptabilidad de pastas añadiendo salsa de tomate y mantequilla con perejil como aderezos y han encontrado resultados favorables (Granito and Ascanio, 2009). Sin embargo, en esta investigación únicamente se aderezó con sal porque

añadir salsas u otro condimento no revela claramente la aceptación de los atributos en las pastas.

Cuadro 2. Valores medios de atributos intrínsecos de las pastas elaboradas a base de trigo y harina de cotiledón de frijol.

Atributo	Pasta de trigo	Pasta de frijol
	(M1)	(M2)
Sabor	2.9 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>
Textura	3.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>
Suavidad	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>
Consistencia	3.2 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia,  $n = 400$ . Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

De manera general, a los consumidores se les solicitó que calificaron los dos tipos de pastas. La pasta de frijol obtuvo la mejor calificación (siete); mientras que la pasta de trigo obtuvo una calificación de 6.2. Lo anterior, posiciona a la pasta enriquecida con harina de cotiledón de frijol con mayor potencial de aceptación en el gusto de los consumidores.

## Conclusiones

El análisis sensorial indicó, en promedio, que los parámetros extrínsecos como la apariencia, color y tamaño de la pasta elaborada con frijol fueron significativamente mejor calificados por los consumidores; mientras que los atributos intrínsecos (sabor, textura, suavidad y consistencia) de ambas pastas fueron calificados de manera similar por los consumidores. Así, la información sugiere que el tallarín enriquecido con harina de cotiledón de frijol tiene posibilidades de ser escalado comercialmente entre segmentos de consumidores de pastas. Por tanto, esta tecnología de valor agregado puede mejorar el ingreso de los productores de frijol en el estado de Zacatecas.

## Literatura Citada

- Abu-Ghoush M., S. Alavi, K. Adhikari, M. Al-Holy and M. Al-Dabbas. 2015. Sensory and nutritional properties of a novel cooked extruded lentils analog. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39:1965-1975. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12436>.
- Aguilar M., A. Paredes y R. Colmenares. 1997. Pasta fresca al huevo y rellena con carne. *Consuma con Seguridad*, 14:8-11.
- Ahmad N., S. Ur-Rehman, M. A. Shabbir, Abdullah, M. A. Shehzad, Z. ud-Din and T. H. Roberts. 2018. Fortification of durum wheat semolina with detoxified matri (*Lathyrus sativus*) flour to improve the nutritional properties of pasta. *Journal of Food Science and Technology*, 55:2114-2121. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3126-x>.
- Castillo M. A. C., N. Montes G., G. Velázquez C., S. J. Téllez L., J. M. Jiménez A. y O. Castillo R. 2016. Evaluación sensorial de una pasta elaborada con harina de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench: RB-Paloma) y transglutaminasa microbiana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1:501-505.

- Chávez-Santoscoy R. A., J. A. Gutiérrez-Urbe and S. O. Serna-Saldívar. 2013. Effect of flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats as cholesterol micelle disruptors. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68:416-423. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0384-7>.
- Di Monaco R., S. Cavella, S. Di Marzo and P. Masi. 2004. The effect of expectations generated by brand name on the acceptability of dried semolina pasta. *Food Quality and Preference*, 15:429-437. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2003.07.003>.
- Flores P. C., J. J. Berrios, J. Pan, E. Agama-Acevedo, A. Monsalve- González and L. A. Bello-Pérez. 2015. Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: physicochemical, texture and sensory properties. *CyTA - Journal of Food*, 13:159-166. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>.
- Granito M., A. Torres y M. Guerra. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*, 28:372- 379.
- Granito M. y V. Ascanio. 2009. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59:71-77.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 2003. Régimen Alimentario, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas. Informe de una Consulta Mixta FAO/OMS de Expertos. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 180 p.
- Reyes-Moreno C., O. Paredes-Lopez and E. González. 1993. Hard-to-cook phenomenon in common beans—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33:227-286. <https://doi.org/10.1080/10408399309527621>.
- Ruiz-Cota, P., M. Bacardí-Gascón and A. Jiménez-Cruz. 2019. Historia, tendencias y causas de la obesidad en México. *Journal of Negative and No Positive Results*, 4:737-745. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3054>.
- Shogren R. L., G. A. Hareland and Y. V. Wu. 2006. Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. *Journal of Food Science*, 71:S428-S432. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00061.x>.
- Togo-Luna Y. D., E. Romero-Velarde, E. M. Vásquez-Garibay, C. Chávez P. y E. Caro S. 2016. Comparación del consumo de alimentos de niños que habitan una zona urbana y una rural en la población de Arandas, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66:287-293.
- Udachan I. and A. K. Sahoo. 2017. Quality evaluation of gluten free protein rich broken rice pasta. *Journal of food Measurement and Characterization*, 11:1378-1385. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9516-3>.
- Witting P. E., L. Serrano, A. Bunger, D. Soto, L. López y N. Hernández. 2002. Optimización de formulación de espaguetis enriquecidos con fibra dietética y macro nutrientes para el adulto mayor. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58:89-110.

## DIAGNÓSTICO DEL CHILE JALAPEÑO DESDE LA PERSPECTIVA DE DEMANDA DEL CONSUMIDOR SONORENSE

Blanca Sánchez Toledano<sup>1\*</sup>, Venancio Cuevas Reyes<sup>2</sup>, Rubén Góngora Pérez<sup>3</sup>,  
Jaime Mena Covarrubias<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. <sup>2</sup> INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Estado de México, México. <sup>3</sup> INIFAP, Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo. \*Autor de correspondencia: [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx)

### Introducción

México es uno de los principales países productores de chile, con una producción de poco más de 3 millones de toneladas ocupa la segunda posición en el ámbito mundial (FAOSTAT, 2020). En el contexto nacional el cultivo cuenta con una superficie sembrada de 152 mil hectáreas y un valor de producción de 32 millones de pesos (SIAP, 2019). Aun cuando los datos de producción son positivos, lo cierto es que existen diversos problemas que inhiben su producción en el país, entre los cuales se destacan los altos costos de los insumos, una comercialización deficiente, la escasa organización para la producción, la insuficiencia de créditos, escasez de valor agregado, entre otros (Galindo, 2007).

La diversidad de chiles es amplia, existen más de cien variedades a nivel nacional, las cuales se concentran en 22 grupos de chiles verdes y 12 tipos de chiles secos. En los primeros, destaca el chile jalapeño que pertenece al género *Capsicum* y la especie *annuum*, y que representa la tercera parte (31.0 %) de la producción nacional. Con excepción de Aguascalientes, el chile jalapeño se siembra en todo el país. En 2016 se produjeron 3 millones toneladas de esta variedad, siendo los principales productores los estados de Chihuahua (32.3 %), Sinaloa (17.5 %), Zacatecas (13.5 %) y San Luis Potosí (9.8 %), que en conjunto aportaron el 73.1 % de la cosecha nacional (SIAP, 2019).

En el caso de Sonora, los volúmenes de producción alcanzados lo han posicionado entre los diez principales estados productores de chile a nivel nacional, y como tercero en importancia en el noroeste del país. De acuerdo con la planeación agrícola nacional 2017-2030 (SAGARPA, 2017), el estado se ubica entre las regiones estratégicas e históricas en la producción de chile jalapeño, observándose un incremento anual de la producción del 2.61 % en los últimos tres años. De tal manera, que se pasó de 187,470 toneladas en 2017 a 192,365 toneladas en 2019 (SIAP, 2020).

La producción de chile verde que se realiza en el estado es de cinco tipos: Morrón (bell pepper) exportación, invernadero exportación, cielo abierto, invernadero, malla sombra y malla sombra exportación con una producción de 94,380 toneladas, que representan el 50.3 % del total de variedades; le sigue el chile jalapeño sembrado a cielo abierto, exportación y malla sombra con una producción de 59,351 toneladas (31.7 %); Anaheim a cielo abierto, exportación y malla sombra con 24,451 toneladas (13.0 %); chile serrano de exportación y cielo abierto con una producción de 9,008 toneladas (4.8 %) y chile poblano a cielo abierto 280 toneladas de producción (0.1 %) (SIAP, 2018). Estas cifras, dejan entrever que existe un potencial significativo para el posicionamiento de chile jalapeño, tanto en términos productivos como de mercado.

No obstante, a pesar de estos indicadores se debe considerar que el mercado es altamente competitivo y el consumidor tiene una amplia diversidad de chiles verdes a los que puede acceder. De acuerdo con Pindyck y Rebinfield (2001), los consumidores asignan sus ingresos a la adquisición de los diferentes bienes y servicios para maximizar su bienestar. En este proceso algunas de las variables importantes son el precio de los bienes y el ingreso. Estas variables limitan la cantidad de adquisición por parte del consumidor; aunado en una función de demanda existen otras variables socioeconómicas que actuaran como desplazadores de la demanda, y que afectaran, la cantidad comprada de bienes. Es por ello que el objetivo principal de esta investigación es conocer desde la perspectiva del consumidor sonorense sus hábitos de compra y consumo de chile jalapeño, así como las actitudes y atributos que más valoran. Para ello se consultaron fuentes primarias de investigación, donde participaron 200 consumidores de chile jalapeño. La información que se obtuvo aporta directrices para profundizar en el conocimiento que se tiene de este producto desde una visión de mercado. Si bien, existen diversos estudios que abordan el proceso de producción agronómico del chile jalapeño (Pire y Pereira, 2018; Ramírez *et al.*, 2017; Beltrán *et al.*, 2016), lo cierto es que desde una perspectiva de la demanda y del comportamiento del mercado la investigación es escasa, más aún cuando se trata del noroeste de México (Pérez *et al.*, 2017; Mejía *et al.*, 2020).

Para conocer el mercado se deben considerar distintos aspectos como las expectativas de los clientes (Lupín y Rodríguez 2009). Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta que no existe un consumidor uniforme, sino que debido a los cambios en los valores sociales y personales, las preferencias del consumidor también están permanentemente en un estado de cambio (Schreiner *et al.*, 2013).

Al respecto, estudios con orientación al consumidor han encontrado que en el caso de pimientos, el color fue una característica relevante para su adquisición entre consumidores del estado de Alabama, Estados Unidos (Frank *et al.*, 2001). Además, para ciertos tipos de chiles, como el chile piquin (*Capsicum annuum L. var. Glabriusculum*) el sabor incentiva al consumidor a pagar un precio mayor respecto a chile serrano o chile jalapeño (Villalón-Mendoza *et al.*, 2016).

En tanto, que en productos como tomates se ha identificado que la disponibilidad del producto en fresco afecta el comportamiento de compra; es decir, se compran cuando están disponibles, incluso en períodos de escasez del año (Adeoye *et al.*, 2015). Por lo anterior, y debido a la importancia del consumo de chile jalapeño en la población, se consideró necesario realizar un estudio que caracterizará a los consumidores de esta hortaliza en aspectos como el tipo de producto que demandan y las características que prefieren.

## **Materiales y Métodos**

Con el propósito de alcanzar el objetivo principal se realizó una investigación empírica en la ciudad de Hermosillo, Sonora, que tiene 884 273 habitantes y se ubica en el noroeste de México (INEGI, 2015). La metodología que se estableció en este trabajo se integra de tres fases, la primera consistió en el diseño de un cuestionario dirigido a consumidores. La encuesta se sometió a pruebas piloto con el fin de reducir los errores y que existiera una total comprensión de las variables. Para obtener la muestra se seleccionó un muestreo probabilístico, se utilizó la fórmula de poblaciones infinitas y se calculó un muestreo aleatorio simple con un error del 7%, obteniéndose una muestra de 200 encuestas. En la segunda fase, se realizó el trabajo de campo. Las personas que respondieron la encuesta tenían 18 años o más, consumidores de chile jalapeño, y no obtuvieron ningún tipo de compensación económica por su participación. La recolección de la información se realizó en los meses de enero y febrero de 2020. En la tercera fase de la investigación, se elaboró una base de datos en el programa IBM SPSS 20. Para realizar el análisis de la información, se procedía a identificar el tipo de escala de medición utilizada en cada pregunta. Los métodos utilizados para el análisis de los datos fueron dos: univariados (medias y modas) y bivaridos (Chi-cuadrada).

## **Resultados y Discusión**

Los resultados obtenidos muestran que la mayor parte de los encuestados son mujeres (52 %), que las ocupaciones más recurrentes son el de administrativo (29.5 %), seguido de estudiante y quienes se dedican a labores del hogar, con un 16.5 y 15.0 % respectivamente. La mayor proporción de los encuestados cuenta con estudios universitarios (59.0 %) y de bachillerato (26.0 %). Las edades con más representación oscilan de 18 a 34 años (52.0 %), seguidos por los mayores de 60 años (10.0 %). Los ingresos más habituales se sitúan en el rango de los 5 a 10 mil pesos mensual (33.0 %), así como los de 10 a 15 mil pesos (28.5 %), mientras que en los rangos de ingresos mayores a 20 mil pesos mensuales la proporción es significativamente menor (4.0 %).

De acuerdo a lo encontrado, se observa que de las distintas modalidades en las cuales se puede degustar, destaca la opción de chile procesado como la más habitual (59.5 %), seguida por el chile fresco (39 %) y el seco o ahumado (1.5 %). Entre los motivos de consumo el sabor es el más destacado (44.8 %), así como la multifuncionalidad en los usos (18.5 %) y el gran picor que tienen (14.2 %). Otros aspectos relacionados con el aroma, color, valor nutrimental, entre otros presentan menos incidencia como causales de elección entre los consumidores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales motivos de consumo del chile jalapeño

Característica	Muestra (%)	Característica	Muestra (%)	Característica	Muestra (%)
Sabor	44.8	Gran picor	14.2	Otro (nutricional, fácil de conseguir, es el que se da...)	7.6
Multifuncionalidad en su preparación	18.5	Aroma	7.9	Poco picor	7.0

En cuanto a la frecuencia de consumo predomina el que se realiza algunos días entre semana con un 51.5 % del total, le sigue el que se efectúa diariamente, de lunes a viernes (20 %). Posteriormente se encuentra el consumo que se realiza los fines de semana (15 %) y menos de una vez al mes (13.5 %). Las cantidades de consumo más frecuente en el 78.5 % de los casos son inferiores a medio kilo, y el 19.0 % consume de medio kilo a un kilo, en tanto que el consumo superior se realiza en menor medida (2.5 %). Los resultados dejan entrever que existe una tendencia hacia el consumo frecuente sobre el ocasional y que las porciones que se degustan son inferiores al medio kilo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Frecuencia de consumo de chile jalapeño

Consumo	Muestra (%)	Cantidad de consumo	Muestra (%)
Diariamente (lunes-viernes)	20.0	Menos de medio kilo	78.5
Algunos días entre semana	51.5	De medio kilo a un kilo	19.0
Los fines de semana	15.0	De un kilo a dos kilos	2.5
Menos de una vez al mes	13.5		

Respecto a los atributos del chile jalapeño que son más importantes para los consumidores se advierte que de acuerdo a las puntuaciones medias, considerando una escala de Likert de cinco puntos donde 5 es totalmente de acuerdo, la ausencia de daños fisiológicos es el atributo más importante para los consumidores, con un valor medio de 4.44. Otro de relevancia es la ausencia de lesiones o golpes en el producto (4.35), en tanto que el color externo, el grado de picor y la consistencia también se revelan como atributos altamente valorados por los consumidores con puntuaciones medias de 4.03 en los dos primeros y de 4.01 en el último. Con valores por encima de la media pero inferiores a los atributos

principales, se encuentra el tamaño (3.87), la forma del chile (3.65), el aroma (3.57), el ancho y el peso (3.47 y 3.04, respectivamente).

De las distintas características que puede tener el chile jalapeño, el color preferido por el 90 % de los consumidores es el verde esmeralda oscuro brillante, otras opciones como el amarillo medio y rojo anaranjado son significativamente menos escogidos, con un 5.5 y 4.5 % respectivamente. En cuanto al tamaño predomina la preferencia hacia el chile jalapeño medio (64.5 %) que va de 5 a 7.5 cm, la consistencia deseada más recurrente es alta al tacto (53.0 %), en tanto que la anchura que más se prefiere es la mediana (66.0 %), con un peso de 25 a 30 gr. (70.0 %), mientras que el rayado más buscado es el que va del 0 al 10%, el cual prefieren el 69.5% de los consumidores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características del chile jalapeño más valoradas por los consumidores

Color	Muestra (%)	Anchura	Muestra (%)
Verde esmeralda oscuro brillante	90.0	Mediano (3.0 a 3.5 cm)	66.0
Amarillo medio	5.5	Grande (3.5 a 4.0 cm)	31.5
Rojo anaranjado	4.5	Jumbo (3.7 a 4.5 cm)	2.0
Tamaño		Rayado	
Mediano (5 a 7.5 cm)	64.5	0 al 10%	69.5
Grande (8 a 10 cm)	33.5	De 10 a 15%	27.0
Jumbo ( $\geq 10$ cm)	2.0	Más de 20%	3.5
Consistencia		Peso	
Media y en menor grado al tacto	38.5	25 a 30 gr	70.0
Alta al tacto	53.0	30 a 45 gr	26.5
Extremadamente alta al tacto	8.0	45 a 60 gr	0.5

La disposición a pagar por chile jalapeño que el 42 % de los consumidores considera adecuada para promover su consumo es de 10 a 15 pesos por kilo, seguida de 15 a 25 pesos (34.5 %). Otros valores en extremo inferior y superior del precio son opciones menos viables de acuerdo a los consumidores.

A continuación, se describen los segmentos de consumidores en función de una serie de variables, donde se aplicó el test Chi-cuadrado para contrastar si existen diferencias significativas entre segmentos (Cuadro 4). Los resultados obtenidos con el test de Chi-cuadrado muestran que existe una asociación positiva entre la frecuencia de consumo y las características socio-demográficas y económicas, de manera que en el consumo que se realiza diariamente la proporción de consumidores es mayor (2.0 %) respecto a otras opciones. Cuando el consumo se realiza algunos días entre semana la tendencia se centra en los jóvenes en el rango de 18 a 24 años de edad (11.0 %), mientras que el consumo de fines de semana y el esporádico que se efectúa menos de una vez al mes, tiene mayor

incidencia en el segmento de 25 a 29 años en el caso del primero (5.0 %) y de 30 a 34 años en el segundo (4.5 %). También se advierte que el nivel de estudios universitarios es más frecuente en cualquiera de las frecuencias de consumo y que la proporción de consumidores que realizan un consumo de varias veces en la semana tienen en mayor medida ingresos inferiores a los 30 mil pesos mensuales, acentuándose en el rango de los 5 a 10 mil pesos, en tanto que los consumidores ocasionales de chile jalapeño, representan una leve tendencia hacia ingresos superiores.

Cuadro 4. Descripción de los segmentos obtenidos en función de las frecuencias de consumo de chile jalapeño y las características socio demográficas y económicas.

Segmentación\ Variables	Test Chi- cuadrado X2 (valor de prob.)	Frecuencia de consumo (%)			
		Diariamente de L-V (N=40)	Algunos días entre semana (N=103)	Los fines de semana (N=30)	Menos de una vez al mes (N=27)
<b>Edad</b>					
18-24		4.5	11.0	1.5	2.5
25-29		2.5	8.5	5.0	2.0
30-34		3.0	4.5	2.5	4.5
35-39		1.5	6.0	0.0	0.5
40-44	0.059*	1.0	5.5	2.0	0.5
45-49		0.5	6.0	0.5	0.5
50-54		2.5	3.0	1.5	0.5
55-59		2.5	1.0	0.5	1.5
≥60		2.0	6.0	1.5	1.0
<b>Estudios</b>					
Primaria		0.5	0.5	0.5	0.0
Secundaria		1.5	3.0	0.0	0.5
Preparatoria	0.82**	7.5	15.5	2.0	1.0
Universidad		9.5	29.5	10.0	10.0
Post- Universitarios		1.0	3.0	2.5	2.0
<b>Ingresos</b>					
≤5mil		4.0	12.0	1.0	2.0
5-10 mil		4.0	19.5	6.5	3.0
10001-15 mil	0.058*	7.0	13.0	3.0	5.5
15001-20 mil		4.0	5.0	4.0	2.5
20001-30 mil		1.0	2.0	0.0	0.0
≥30 mil		0.0	0.0	0.5	0.5

## Conclusiones

A lo largo de este escrito se ha realizado un diagnóstico del chile jalapeño desde una perspectiva productiva y de la demanda del consumidor. Se ha visto que de las distintas variedades de chile que se siembran en el territorio nacional, el 31.0 % corresponde a chile jalapeño. Asimismo, cuatro estados concentran el 73.1 % de la producción nacional. En el caso de Sonora, su producción de chile jalapeño lo posiciona entre los diez primeros en el

país y como el tercero en importancia en la zona noroeste. Los hallazgos muestran que para el sonoreense el sabor es un elemento clave para el consumo de chile jalapeño, existe una tendencia hacia el consumo frecuente, aunque las porciones son medidas ya que suelen ser inferior al medio kilo.

También se identificó que para el consumidor es importante que en el aspecto exterior del chile no se observen daños o golpes, y que prefieren el chile en color verde oscuro sobre otras presentaciones. Hay una marcada tendencia hacia el tamaño, peso y anchura mediana, con un rayado discreto inferior al 10 %. Asimismo, se advierte que hay una disposición a pagar intermedia que oscila entre los 10 y 20 pesos por kilo. Por otra parte, el consumidor frecuente de chile jalapeño es aquél menor a los 40 años de edad, acentuándose en segmentos de 18 a 24 años de edad, con nivel de ingresos medios. En este segmento existe una preferencia hacia el aroma y picor que presenta el chile. Otros productos agroindustriales que pueden tener éxito entre este segmento de consumidores es el queso con chile jalapeño.

### **Literatura Citada**

- FAO. 2020. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Acceso julio 2021, available at <http://faostat.fao.org>
- INEGI. 2015. Información por entidad, número de habitantes. Recuperado en julio de 2020 de: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Son/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=26>.
- Pindyck, R. S. y L. Rubinfeld. 2001. Microeconomía. España, Quinta edición, Pearson-Prentice Hall.
- SAGARPA. 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Chiles y pimientos Mexicanos. Recuperado en julio de 2020 de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles\\_y\\_Pimientos-parte\\_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf).
- SIAP. 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola: producción agrícola: <http://nube.siap.gob.mx/cierre-agricola/>(consultado 14 de julio 2020).

## COMPARACIÓN DEL INGRESO NETO EN PRODUCTORES DE DURAZNO QUE UTILIZAN TECNOLOGÍA PROPUESTA POR INIFAP VS TECNOLOGÍA TRADICIONAL

Blanca Isabel Sánchez Toledano<sup>1\*</sup>, Mercedes Borja Bravo<sup>2</sup>, Valentín Melero Meráz<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. <sup>2</sup>CE Pabellón. Pabellón de Arteaga, Ags. \*Autor de correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx

### Introducción

En México el volumen de producción de frutas y hortalizas pasó de 19 millones de t anuales en 1994 a 37 millones de t en 2017 (FAOSTAT, 2018). La fruticultura mexicana es una de las actividades más rentables en el sector agrícola, ya que la superficie cosechada con frutales representa 6.4 % de la superficie nacional y el valor de su producción equivale al 20.7 % del total de la producción mexicana. Lo anterior, significó que cada hectárea cultivada con frutales fue tres veces más rentable que el promedio del resto de los cultivos (Schwentenius y Sangerman, 2014). Zacatecas se caracteriza por aportar al consumo de otras entidades más de 772 mil t de productos agrícolas diversos, entre los que destacan el frijol, chile seco, hortalizas diversas, guayaba, tuna, vid y durazno (Sánchez-Toledano y Rumayor, 2010). La producción de durazno en Zacatecas es de 11,676 t, con un rendimiento de 2.21 t ha<sup>-1</sup> bajo condiciones de temporal y con un valor de la producción de \$146,064 (SIAP, 2018).

La producción de durazno en Zacatecas se ha constituido como una actividad estratégica en términos socioeconómicos y de competitividad (Sánchez-Toledano *et al.*, 2013), siendo una fuente importante de ingreso para zonas rurales de escasos recursos, así como un incentivo para el crecimiento del comercio regional. El duraznero que se cultiva en el estado es de tipo amarillo criollo de hueso pegado y se propaga sexualmente (Zegbe y Esparza, 2007). Los sistemas de producción de durazno en la entidad se caracterizan por un bajo volumen de producción, frutos con baja calidad física y mano de obra familiar (Araque *et al.*, 2010).

El INIFAP, como institución responsable de apoyar el desarrollo agropecuario nacional, afronta el reto de buscar nuevas tecnologías de producción, validarlas, transferirlas y promover su adopción en beneficio de los productores agropecuarios y forestales. De manera específica, en 2009 en el Campo Experimental Zacatecas se dio a conocer una tecnología denominada "Mejora de la Vida de Anaquel del Durazno con Aplicaciones de Calcio, Fungicida y Manejo de la Temperatura". Esta tecnología tiene como objetivo alargar la vida postcosecha de la fruta y disponer de alternativas para proveer durazno fresco de alta calidad. Lo anterior, implica la aplicación precosecha de calcio y potasio vía foliar.

Estos elementos contribuyen a la formación de una barrera física y química que regula la liberación de agua a través de la epidermis y por tanto se reduce la pérdida de peso del fruto. En las evaluaciones experimentales de la tecnología, la pérdida de peso promedio fue de 90 kg t<sup>-1</sup> con un aumento potencial de hasta siete días en la vida postcosecha en los frutos.

Como consecuencia, la conservación de la calidad del fruto por más tiempo representa una mejora en el precio de venta y, por tanto, se refleja en mejores ingresos para los productores que la han adoptado. El objetivo central de esta evaluación fue comparar el ingreso neto de los productores de durazno que utilizan la tecnología propuesta por INIFAP versus productores que utilizan un sistema de producción tradicional.

## **Materiales y Métodos**

Para recopilar la información se aplicó una encuesta estructurada dirigida a productores de durazno en el Estado de Zacatecas que utilizaron la tecnología propuesta por INIFAP durante el ciclo agrícola 2018 y 2019. Para determinar el tamaño de la muestra de los agricultores se utilizó la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de significación ( $\alpha$ ) al 5 % y 5 % como nivel máximo de error permisible (Sánchez-Toledano *et al.*, 2013). Se consideró una población objetivo de 30 productores de durazno que utilizan la tecnología, el tamaño de muestra  $n$  estimada fue de 28 encuestas; sin embargo, se realizaron las 30 encuestas en total; que representan el 100 % de los productores que utilizan la tecnología de INIFAP.

Los costos de producción calculados consideran los precios observados en el ciclo primavera-verano 2018. Con base en Ayala *et al.* (2014), los costos fueron divididos en: a) Costos directos que contabilizan el pago por fertilizantes químicos y orgánicos, plaguicidas, fungicidas, herbicidas, pago por labores mecanizadas y manuales y; b) Costos indirectos que incluyeron los gastos generales como el combustible ocupado en el acarreo de la producción y costo de oportunidad de la inversión. Para estimar el ingreso por ha se utilizó el precio de venta durazno en 2018 y el rendimiento promedio reportado por los productores.

## **Resultados y Discusión**

El 90 % de los encuestados fueron hombres y sólo un 10 % fueron del sexo femenino. Los productores, en promedio, tenían una edad de 53 años y se ubicaron en un rango entre los 28 y 85 años. El 33.3 % de los entrevistados tiene estudios de primaria, 30 % de secundaria, 13.3 % de preparatoria, 13.3 % estudios de licenciatura y 6.6 % otros. Del total de productores encuestados solo el 43.3 % tiene algún miembro que ha realizado o realiza estudios universitarios. Los productores tienen en promedio 19 años produciendo durazno. Así mismo, estos productores tienen en promedio cuatro integrantes en su familia. La formación agraria proviene en un 100 % de la experiencia práctica, aunque en algunos casos estos se complementaron con formación profesional (16.6 %) y cursos y conferencias (20 %). Del total de sus ingresos el 73 % proviene de la agricultura y sólo el 33 % del cultivo de durazno. Es importante mencionar que el 60 % de los agricultores pertenecen de manera activa a una organización y el 40 % elabora algún producto para agregar valor al durazno.

Con respecto a las unidades de producción, el 50 % de las parcelas de los entrevistados pertenecen al régimen de pequeña propiedad y 46.6 % son ejidales. Los productores del estado siembran de 2 a 24 hectáreas, en promedio 8.8 ha. El rendimiento de las unidades de producción con la tecnología tradicional de los productores fue de 7.4  $\text{tha}^{-1}$  y con la tecnología de INIFAP fue de 8.6  $\text{tha}^{-1}$ .

Los costos de producción del cultivo de durazno con tecnología tradicional, fue en promedio de \$28,254  $\text{ha}^{-1}$  y de \$28,653  $\text{ha}^{-1}$  con tecnología INIFAP, lo cual representó un incremento de costos de 1.41 %. El aumento del costo se debe a la compra de insumos de calcio; mientras que, con la tecnología tradicional no se utilizan.

En la región donde se realizó la evaluación, los productores reportaron que con la tecnología tradicional obtuvieron un rendimiento promedio de 7.36  $\text{tha}^{-1}$ ; sin embargo, con la tecnología INIFAP, los productores obtuvieron en promedio 8.62  $\text{tha}^{-1}$ , es decir, 17.12 % más de producción.

En el Cuadro 1 se observan las diferencias que surgieron entre las tecnologías. Con la tecnología testigo del productor, el costo de producir una tonelada de durazno fue de \$4,598.5, pero con el uso de la innovación tecnológica el costo disminuye a \$3,776.4 t. El costo unitario menor refleja que con la tecnología INIFAP se incrementa la productividad en el cultivo, ya que logra disminuir costos unitarios de producción al elevar el rendimiento.

Cuadro 1. Comparación de la tecnología testigo vs tecnología INIFAP en el cultivo de durazno

Variable	Tecnología testigo	Tecnología INIFAP	Diferencia
Costo total de producción (\$ $\text{ha}^{-1}$ )	28,254	28,653	399
Costo unitario (\$ $\text{t}^{-1}$ )	4,598.5	3,776.4	822.1
Rendimiento (t $\text{ha}^{-1}$ )	7.36	8.62	1.26
Precio de venta (t $\text{kg}^{-1}$ )	8,523	10,119	1,596
Ingreso Bruto (\$ $\text{ha}^{-1}$ )	62,732	87,195	24,463
Ingreso Neto (\$ $\text{ha}^{-1}$ )	34,478	58,542	24,064

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo, 2019.

El precio medio de venta en el área de estudio osciló entre \$6,000 y \$12,000  $\text{t}^{-1}$ , pero con la tecnología de INIFAP la calidad del fruto mejoró y esto se vio reflejado en el precio de venta. El precio de venta de la tecnología INIFAP fue de \$10,119 por tonelada. El incremento en el precio fue de \$1,596 en comparación con el precio pagado por el fruto cultivado con tecnología tradicional.

Considerando el rendimiento y el precio, se obtuvo como resultado que con la tecnología testigo, los productores obtuvieron un ingreso bruto de \$62,732  $\text{ha}^{-1}$ ; mientras que, con el uso de los componentes tecnológicos para el cultivo de durazno en el estado de Zacatecas el ingreso por hectárea fue de \$ 87,195  $\text{ha}^{-1}$ ; es decir, con el uso de la innovación tecnológica, los productores de durazno recibieron 39 % más de ingresos brutos.

## Conclusiones

La innovación tecnológica para el cultivo de durazno fue diseñada para zonas productoras de durazno criollo en el estado de Zacatecas, en los DDR's de Zacatecas, Jerez, Fresnillo y Río Grande. Sin embargo, se puede implementar en todos los estados productores del país.

Los productores señalan que la aplicación de calcio y fungicida antes de la madurez del fruto genera beneficios que se pueden apreciar físicamente. Esto puede explicarse de la siguiente forma; la suplementación foliar precosecha con calcio es esencial debido al rol que juega en la cementación estructural de los tejidos vegetales.

En consecuencia, se puede reducir hasta 17% la pérdida de peso de fruta solo por efecto de la aplicación foliar de calcio o carvendazim en condiciones de temperatura ambiente y que además aquellos frutos cultivados de manera tradicional pierden su valor comercial en menos de una semana después de su cosecha por efecto de deshidratación, presencia de hongos o fisiopatías, contra seis y siete días extra de vida postcosecha de frutos cultivados bajo esta tecnología.

## Literatura Citada

- Ayala, V., Rivas, P., Cortes, L., De la O, M., Escobedo, D. y E. Espitia. 2014. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en la región centro de México. *Ciencia ergo-sum*, 21(1): 47-54, 2014, ISSN: 1405-0269.
- Araque, C., Delgado, A., Armas, W., Albornoz, A., Espinosa, V. y T. Quijada. 2010. Márgenes de comercialización del queso artesanal de vaca en unidades de producción familiar en Tototremo, Venezuela. *Zootecnia Trop*, 28: 413-420.
- FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2016. Disponible en: <http://faostat.fao.org> (acceso 9 Julio 2021).
- Sánchez-Toledano B. y A. Rumayor. 2010. Evaluación del entorno para la innovación tecnológica en Zacatecas: identificación de las cadenas productivas relevantes. *Publicación Especial No.18. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP*. 20 p.
- Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J. y A. Rumayor. 2013. Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 4(6): 855-868.
- SIAP. 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola: Zacatecas. Acceso enero 2019, available at <https://www.gob.mx/siap>.
- Schwentesius R. y D. Sangerman. 2014. Desempeño competitivo de la fruticultura mexicana, 1980-2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7): 1287-1300.
- Zegbe J. y G. Esparza. 2007. Poda de ramas mixtas y raleo de frutos: Prácticas culturales independientes en durazno "Victoria". *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13:121-126.

## CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA, ECOLÓGICA Y SOCIAL DEL APROVECHAMIENTO MADERABLE EN PUEBLO NUEVO, DURANGO

Margarito Maldonado Ortiz<sup>\*1</sup>, Bonifacio Cano Mejía<sup>1</sup>, Martín Martínez Salvador<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Km 40 Carretera Torreón-Chihuahua. 35230, Bermejillo, Durango. México. <sup>2</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. \*Autor de correspondencia: margaritomaldonado1@gmail.com

### Introducción

El término “manejo forestal” o “aprovechamiento forestal” se refiere a un conjunto de actividades para administrar los bosques y obtener de ellos un beneficio ya sea un producto maderable o no maderable (Aguirre-Calderón, 2015). La sustentabilidad en el manejo forestal se ha establecido como un paradigma cuyo fin es combatir la degradación, evitar el mal uso y propiciar el buen manejo de los recursos naturales y, por ende, mejorar el bienestar de la sociedad, así como la economía local y el equilibrio ecológico (Strezov, Evans, Evans, 2016). El crecimiento de la economía local, el desarrollo social y los parámetros ecológicos-forestales indican el nivel de sustentabilidad alcanzado en una comunidad (Axelsson et al., 2013). Por consiguiente, es necesaria construir indicadores que posibiliten entender el equilibrio de la sociedad con los bosques (Garcés-Díaz et al., 2019). Es por ello, los objetivos de este trabajo fueron caracterizar el manejo forestal de las especies de los géneros *Pinus* y *Quercus* utilizando criterios e indicadores de sustentabilidad ecológicos, sociales y económicos en la Región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, e identificar necesidades de información que propician mejoramiento de la administración forestal en la región.

### Materiales y Métodos

El área de estudio (AE) se localiza en la Sierra Madre Occidental en la región de El Salto en el estado de Durango. Para evaluar la sustentabilidad del aprovechamiento forestal del género *Pinus* y *Quercus* se utilizaron indicadores sociales, económicos y ecológicos-forestales (Tabla 1). Los datos de los indicadores sociales y económicos se obtuvieron mediante diferentes fuentes federales y estatales. Por su parte, los indicadores ecológicos provienen en los programas de manejo forestal vigentes en la UMAFOR 1008 “Región El Salto” y la Unidad de Prestación de Servicios Ejidales de El Salto, Dgo. A. C. (UPSE AC).

Para la construcción de los Índices de Sustentabilidad (IS) como indicador relativo (I.R) se aplicó el procedimiento de Martínez-Salvador et al., (2007) y Strezov, et al., (2016). Es decir, si un I.R se aproxima a la sustentabilidad en valores altos, se aplicó la ecuación 1.

$$I. R = \frac{(Xi - Xmin)}{(Xmax - Xmin)} \quad (Ec. 1)$$

donde  $Xi$  es el valor registrado para el indicador  $i$  del ejido  $X$ , mientras que  $Xmax$  y  $Xmin$  son los valores máximos y mínimo observados por el indicador  $i$  en el conjunto de ejidos.

Mientras que la sumatoria de la totalidad del *I.R* se le ha denominado Índice de Sustentabilidad Ejidal (*ISEJ*) y fue construido como se indica la ecuación 2 (*Ec.2*)

$$ISEJ = \sum_{i=1}^n IR_S * \frac{6}{31} + \sum_{i=1}^n IR_E * \frac{5}{31} + \sum_{i=1}^n IR_F * \frac{20}{31} \quad Ec. 2$$

donde  $IR_S$  son los índices relativos de los indicadores sociales,  $IR_E$  son los indicadores relativos de los indicadores económicos y  $IR_F$  son los índices relativos de los indicadores ecológicos

Y para la construcción del Índice de Sustentabilidad Social (*ISS*), Económico (*ISE*) y Ecológico (*ISF*) se utilizaron las ecuaciones 3, 4 y 5

$$ISS = \frac{\sum_{i=1}^n RI_S}{6} \quad Ec. 3$$

$$ISE = \frac{\sum_{i=1}^n RI_E}{5} \quad Ec. 4$$

$$ISF = \frac{\sum_{i=1}^n RI_F}{12} \quad Ec. 5$$

Tabla 1. Indicadores de sustentabilidad.

Indicadores	Fuente
<b>Social</b>	
Tasa de crecimiento poblacional, densidad poblacional, número de habitantes por vivienda, poblacional con acceso a agua potable, población con acceso a luz, población con acceso a drenaje	INEGI INPI
<b>Económico</b>	
Valor de madera de pino y encino, salario mínimo regional, población económicamente activa, población desempleada (PEA) e ingreso mensual per cápita.	UMAFOR INEGI
<b>Ecológico-Forestal</b>	
Suelo, precipitación, temperatura, superficie bajo manejo forestal, superficie de otros usos, superficie reforestada, riqueza específica de pino y encino, volumen de pino y encino, índice de densidad Reineke, área basal de pino y encino, índice de sitio, incremento medio anual, incremento corriente anual, posibilidad de pino y encino, residual de pino y encino	CONAFOR UPSE AC

## Resultados y Discusión

El índice de sustentabilidad ejidal (*ISEJ*) se presenta en la Figura 1a. La gráfica muestra que el ejido La Ciudad tiene el índice más alto y se clasifica como medio bajo (0.51-0.70), mientras que el índice más bajo se estimó en el ejido José María Morelos con un valor de 0.5 (Sepúlveda, 2008). Lo cual indica que en este último ejido no existe una congruencia entre el uso de los recursos y el desarrollo socioeconómico del ejido. Algunos indicadores muestran alta disparidad como el acceso a drenaje, el cual es de 3.4% en José María Morelos, mientras que en los otros ejidos estudiados es mayor de 20%, por su parte en el sistema económico el ejido posee el salario mínimo más bajo (180 pesos), mientras que los otros ejidos es mayor a 190 pesos.



La Figura 1b presenta el índice de sustentabilidad social, económico y ecológico. El índice social, los ejidos presentan valores diferentes en índice de sustentabilidad, de tal manera que el ejido El Mil Diez presentó los índices más altos con un valor de 0.70 (medio bajo). Por su parte, José María Morelos presentó los índices más bajos con un valor de 0.29 (bajo). Los índices de sustentabilidad económicos indican que el ejido La Ciudad fueron los índices más altos de 0.84 (medio alto), estos niveles podrían resaltar por el valor maderable. Contrariamente, José María Morelos mostró los índices más bajos con 0.16 (bajo), este índice muestra de alguna manera que es el ejido que tiene el más bajo ingreso maderable.

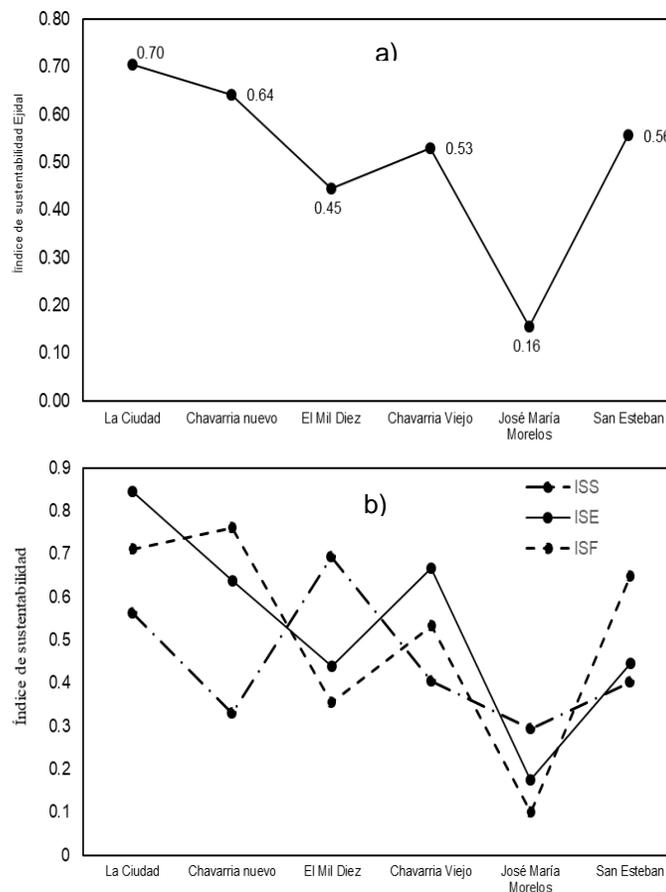


Figura 1. Índice de sustentabilidad ejidal (a), y el índice de sustentabilidad social, económica (b)

Los índices de sustentabilidad ecológica muestran que el ejido Chavarría Nuevo presenta los índices más altos 0.76 (medio alto), así también La Ciudad alcanzó un valor 0.71 (medio alto). Mientras que los valores más bajos se mostraron en el ejido José María Morelos con 0.10 (bajo) (Figura 1b). De esta manera, las políticas ambientales podrían enfocarse para asegurar el cuidado y el manejo de los ecosistemas naturales para el bienestar de la sociedad. Aunque, el aprovechamiento forestal de los recursos naturales debe sumar una inversión o un crecimiento económico para las localidades, sin embargo, en las gráficas muestran un desarrollo económico débil. Además, los ejidos deben considerar factores como; el trabajo, redes colaborativas y a la innovación para alcanzar el desarrollo sustentable (Carrillo-González, Ramírez-Alcántara y Pomar-Fernández, 2019)

## Conclusiones

Se ha identificado que los índices de sustentabilidad fueron relativamente bajos en la región, con claras diferencias entre ejidos, por lo que la política ambiental podría enfocarse para preservar el incremento forestal, realizar una zonificación productiva, diversificar el bosque e inducir mejoras en la calidad de vida y desarrollo económico de la sociedad.

El ejido que presentó los índices de sustentabilidad menores fue José María Morelos con un índice social de 0.29, el índice económico 0.18 y el índice ecológico 0.10, mientras que en la zona de Chavarría Nuevo y La Ciudad, la producción maderable es alta, y la zona de Mil Diez presenta una producción media, por lo que los índices estimados en esta región mostraron valores más altos. Lo anterior pudiera deberse a las calidades de estación presentes en la región, pero también a la poca diversificación productiva, lo cual podría generar baja influencia del uso de recursos naturales sobre el desarrollo económico y social.

## Literatura Citada

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo Forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21, 17–28.
- Angelstam, P., Axelsson, R., Elbakidze, M., Laestadius, L., Lazdinis, M., Nordberg, M., ...& Simith, M. (2011). Knowledge production and learning for sustainable forest management on the ground: Pan-European landscapes as a time machine. *Forestry*, 84(5), 581-596. doi:10.1093/forestry/cpr048
- Axelsson, R., Angelstam, P., Degerman, E., Teitelbaum, S., Andersson, K., Elbakidze, M., & Drotz, M. K. (2013). Social and Cultural Sustainability: Criteria, Indicators, Verifier Variables for Measurement and Maps for Visualization to Support Planning. *Ambio*, 42(2), 215-228.
- Garcés Díaz, S., Gutiérrez Cedillo, J. G., Pérez Ramírez, C. A., y Franco Plata, R. (2019). Evaluación de la sustentabilidad en tres municipios de la zona de ecotono del Estado de México. *región y sociedad*, 31, e1184. doi: 10.22198/rys2019/31/1184
- González, G. C., Alcántara, H. T. R., & Fernández, S. P. (2019). Sustentabilidad y desarrollo local en una comunidad rural en México. *Administración y Organizaciones*, 22(43), 9-27
- Martínez, S. M., Beltrán-Morales, L., Valdez-Cepeda, R., Troyo-Dieguez, E., Murillo-Amador, B., Galindo Jiménez, J., & Ortega-Rubio, A. (2007). Assessment of sustainability performance on the utilization of Agave (*Agave salmiana* ssp *crassispina*) in Zacatecas, Mexico. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(4), 362–371. <https://doi.org/10.1080/13504500709469736>
- Sepúlveda, S. (2008). *Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios: biograma 2008*. lica.
- Strezov, V., Evans, A., & Evans T. J. 2017. Assessment of the economic, social and environmental dimensions of the indicators for sustainable development. *Sustainable Development*, 25 (3), 242-253. 10.1002/sd.1649

## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CONSERVACIÓN DE *Ferocactus histrix* (CACTACEAE) EN MÉXICO

Claudia Ballesteros-Barrera<sup>1\*</sup>, Rocío Zárate-Hernández<sup>1</sup>, Bárbara Vargas-Miranda<sup>1</sup>,  
Selene Ortiz-Burgos<sup>2</sup>, Angélica Martínez-Bernal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa, <sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

\* Autor de correspondencia: bbc0711@gmail.com

### Introducción

La familia Cactaceae es originaria de América y se distribuye principalmente en zonas áridas y semiáridas (Anderson, 2001). México es considerado el más importante centro de evolución y diversificación de esta familia, con alrededor de 68 géneros y 669 especies, de las cuales 518 (77 %) son exclusivas del país, por lo que posee un elevado índice de endemismos (Cota-Sánchez, 2008; Guzmán *et al.*, 2007). Desafortunadamente una alta proporción de especies presenta problemas de conservación debido a sus características biológicas como son: la baja tasa de crecimiento y reclutamiento, la baja supervivencia de las semillas y plántulas, áreas de distribución restringidas y especialización a condiciones edáficas (Hernández y Godínez, 1994) Otro aspecto importante en su declive son las actividades humanas, como el cambio en el uso de suelo, la introducción de especies exóticas, la extracción directa de plantas con fines alimenticios o bien con fines de ornato (Arias *et al.*, 2005, Jiménez-Sierra, 2011). Debido a estos factores las cactáceas ocupan los primeros lugares en los listados publicados por instancias nacionales e internacionales. De los 275 taxones de cactáceas que incluye la NOM 059-SEMARNAT-2010, diez corresponden al género *Ferocactus*. Estas cactáceas conocidas como “cactus de barril” o “biznagas”, son vistosas por su forma globular y por el color de las flores. Se distribuyen en las zonas cálido-secas del suroeste de Estados Unidos de América y en la región norte de México (Arias *et al.*, 2012). El género *Ferocactus* presenta una taxonomía, historia filogenética y evolutiva muy compleja, donde el aislamiento geográfico y reproductivo han sido importantes para su diversificación y evolución. Sin embargo, es alarmante el número de especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo. Por tanto, es importante conocer la distribución de cada una de las especies, entender las causas ambientales que determinan su distribución, así como la pérdida de su hábitat debido al cambio de uso de suelo. Adicionalmente, se ha reconocido la importancia de saber la proporción del área de distribución que ocupan las especies, con respecto a la superficie total de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), ya que éstas constituyen una de las principales estrategias ya que éstas constituyen una de las principales estrategias de conservación, por lo que es pertinente que se representen adecuadamente la biodiversidad de una región de manera que garanticen su persistencia (Londoño-Murcia y Sánchez-Cordero, 2011).

Uno de estos casos es la biznaga barril de acitrón *Ferocactus histrix*, una especie endémica de México cuyas localidades se encuentran presentes en Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo (Pilbeam y Bowdery, 2005). Se encuentra en la categoría de sujeta a protección especial según la NOM059-SEMARNAT-2010, amenazada según la IUCN y en el Apéndice II del CITES. *F. histrix* es una planta simple de tallo globoso hasta ampliamente subovoide, de alrededor de 50 cm de altura y diámetro, pero a veces puede alcanzar hasta cerca de 1 m de altura: tiene un ápice algo aplanado y tomentoso, costillas de 20 a 38 cm, rectas, agudas, de 2 a 3 cm de altura, poco tuberculadas, areolas distantes entre sí de 2 a 3 cm, ovales, de 2 cm de longitud (Bravo-Hollis *et al.*, 1991).

El objetivo de este trabajo fue reportar para *Ferocactus histrix* su perfil bioclimático, la distribución actual conocida y su distribución potencial, el área de su distribución que aún no ha sido modificada por cambio de uso de suelo, así como la representatividad de esta especie en las ANPs.

### **Materiales y Métodos**

Se construyó una base de datos de las localidades de registro de *F. histrix* que se obtuvieron tanto de la literatura (Pilbeam y Bowdery, 2005) y de portales digitales (Gbif, SNIB). Para modelar la distribución potencial, se usó el programa MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006), se obtuvo el perfil bioclimático de la especie utilizando ArcMap 10.4.1 y por medio de un análisis de Jackknife se estimó la importancia de las variables ambientales en el modelo. Se usaron 19 capas climáticas de alta resolución para México en formato ráster, las cuales contienen información mensual de precipitación y temperatura promedio durante el período de 1910-2009 con una resolución espacial de ~1 km<sup>2</sup> (30 segundos de arco, Cuervo-Robayo *et al.*, 2014, Cuadro 1). Una vez obtenido el MNE se transformó a un mapa binario (presencia/ausencia), donde un valor igual a 1 refiere una posible presencia (hábitat idóneo) mientras que un valor de 0 es igual a ausencia (hábitat no idóneo). A este mapa se le eliminaron las áreas que representan un hábitat perturbado; es decir, aquellos polígonos referentes a las zonas urbanas, agrícolas, y se utilizó como referencia el Inventario Nacional Forestal de México (Serie V, Escala 1:250 000; INEGI, 2013). Con ello se estimó el área perdida (en términos de porcentaje) dada por el cambio del uso del suelo, y se identificaron las áreas que actualmente presentan algún estado de conservación o hábitat apropiado. Finalmente, se intersecaron con los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas de México (ANP; CONANP, 2012), y se calculó el porcentaje de área.

### **Resultados y Discusión**

Se obtuvieron un total de 94 datos de presencia, registrados en 7 estados de la república, en Durango, Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí, Querétaro y Guanajuato, siendo este último estado el que presenta mayor número (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de registro por estado de la biznaga barril acitrón *Ferocactus histrix*.

Estados	Número de Registros
<b>Guanajuato</b>	32
<b>San Luis Potosí</b>	27
<b>Querétaro</b>	21
<b>Durango</b>	9
<b>Hidalgo</b>	2
<b>Zacatecas</b>	2
<b>Jalisco</b>	1
<b>TOTAL</b>	94

La información de las condiciones ambientales de las localidades donde se ha recolectado la especie aporta información acerca de las tolerancias fisiológicas de la especie y permite identificar cuáles son los intervalos de temperatura y precipitación en donde actualmente las poblaciones de la especie pueden establecerse y permanecer. En este sentido, los sitios en donde ha sido registrada *F. histrix* presentan una temperatura promedio anual de 17.5 °C y una precipitación total anual en promedio de 483.4 mm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables utilizadas para determinar el perfil bioclimático de la biznaga barril acitrón *Ferocactus histrix*. Se presentan los valores promedio.

Abreviación	Variables	Valores Promedio
BIO1	Temperatura promedio anual (°C)	17.5
BIO2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)	15.7
BIO3	Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y 7)	0.6
BIO4	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)	0.9
BIO5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)	30.5
BIO6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)	4.8
BIO7	Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)	25.7
BIO8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)	19.6
BIO9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)	15.1
BIO10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)	20.5
BIO11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)	13.6
BIO12	Precipitación anual (mm)	483.4
BIO13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	24.6
BIO14	Precipitación del periodo más seco (mm)	0
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)	83.7
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	263

BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)	20.09
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	194.6
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	34.6

El análisis de la curva ROC para el MNE proporcionó un valor del área bajo la curva (AUC) de 0.92 lo que indica que el modelo fue estadísticamente mejor que al azar. En cuanto a los resultados de la distribución potencial, el modelo generado por MaxEnt predijo un área idónea de 61,066 km<sup>2</sup>, de esta área el 23% se ha perdido por cambio de uso de suelo, y tan solo el 7.6 % de su distribución se encuentra protegida en algún ANP, las cuales son las Reservas de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Sierra Gorda y Sierra Gorda de Guanajuato, los Parques Nacionales Gogorrón y El Potosí el APFyF Sierra de Álvarez y el CADNR001 (Figura 1). Sin embargo, un problema para esta especie se encuentra es que está distribuida en la zona centro del país que es donde se encuentran las ciudades más pobladas, así como zonas de importante actividad humana como la agricultura y la industria, además esta especie ha sido saqueada para procesarla y elaborar el dulce conocido como "acitrón" (Jiménez-Sierra, 2011).

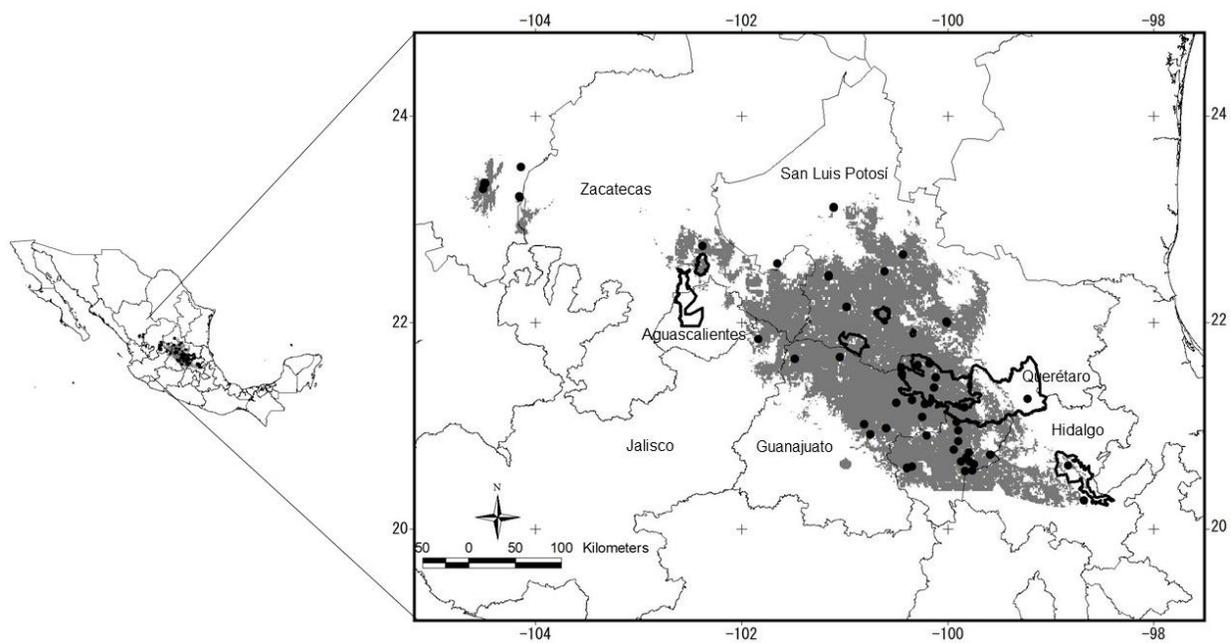


Figura 1.- Mapa de distribución potencial de *Ferocactus histrix*. Puntos negros son las localidades de colecta, en gris claro la distribución potencial predicha, polígonos en negro representan las ANPs

## Conclusiones

Gracias a los avances tecnológicos cada día el acceso y análisis de los datos biológicos se realizan en menor tiempo. En este sentido, el perfil bioclimático y el mapa de distribución producido en este trabajo, presenta zonas en donde la especie posiblemente se encuentra, pero aún no ha sido registrada. Además, el área de distribución potencial calculada puede

ser utilizada como criterio para analizar de nuevo la categoría de riesgo en la que se encuentra. De la misma forma, se puede concluir que, pese a los esfuerzos de garantizar la preservación y conservación de nuestro patrimonio natural por medio de Áreas Naturales Protegidas, éstas resultan aún insuficientes, ya que el análisis realizado muestra una baja representatividad del área de distribución.

## Literatura Citada

- Anderson E. F. 2001. The Cactus Family. Timber Press Inc. Portland, Oregon. 776 p
- Arias S., S. Gama-López, L. U. Guzmán-Cruz y B. Vázquez-Benítez. 2012. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 95. Cactaceae. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F., México. 240 p.
- Arias S., U. Guzmán, M. C. Mandujano, M. Soto G. y J. Golubov. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción I. Una comparación entre los listados NOM-059-ECOL-2001 (México), La Lista Roja (UICN) y CITES. Cactáceas y Suculentas Mexicanas 50:100-125
- Bravo Hollis, H., & Sánchez Mejorada, H. 1991. Las cactáceas de México. México: UNAM. 755 pp.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2012. Áreas Naturales Protegidas Federales de México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/Cota-Sánchez>, 2008;
- Cuervo-Robayo A. P., O. Téllez-Valdés, M. A. Gómez-Albores, C. S. Venegas-Barrera, J. Manjarrez and E. Martínez-Meyer. 2014. An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. International Journal of Climatology 34:2427-2437, doi:10.1002/joc.3848
- Guzmán U., S. Arias y P. Dávila. 2007. Catálogo de Cactáceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 315 p
- Hernández H. M. y H. Godínez A. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas amenazadas. Acta Botánica Mexicana 26:33-52 INEGI, 2013
- Jiménez-Sierra C. L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Revista Digital Universitaria 12:3-22.
- Londoño-Murcia M. C. y V. Sánchez-Cordero. 2011. Distribución y conservación de especies amenazadas en Mesoamérica, Chocó y Andes tropicales. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:926-950
- Phillips S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190:231-259.
- Pilbeam J. and D. Bowdery. 2005. *Ferocactus*. British Cactus & Succulent Society. Norwich, England. 116 p

## MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL RATÓN DE ABAZONES RAYADO POTOSINO *Chaetodipus lineatus* DALQUEST. 1851

Claudia Ballesteros-Barrera<sup>1</sup>, Rocío Zárate-Hernández<sup>1</sup>, Bárbara Vargas-Miranda<sup>1</sup>,  
Selene Ortiz-Burgos<sup>2</sup>, Angélica Martínez-Bernal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. \* Autor de correspondencia: bbc0711@gmail.com

### Introducción

*Chaetodipus lineatus*, es una especie de ratón de abazones de la familia Heteromyidae. Se les conoce así debido a que presentan sacos o bolsas en las mejillas, que utilizan para almacenar y transportar su alimento, que se compone principalmente de semillas e insectos. *C. lineatus* la especie más pequeña del género. Es de color liso sin llegar a ser espinoso, de color gris en el dorso y blanco en el vientre y presenta una línea color ante en la parte media de la cabeza, de ahí el nombre de su epíteto específico de *lineatus* (Best, 1993; Ortega y Arita, 2005). Este roedor es endémico a México y se distribuye en las zonas áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas (Best, 1993). La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 no la considera en ninguna categoría de riesgo pese a que se le considera una especie vulnerable debido su baja densidad poblacional, presentar una distribución restringida y ser endémica. La planificación de la conservación de especies requiere no solo conocer su historia natural y biología, sino también conocer su distribución e información sobre la disponibilidad de áreas adecuadas donde las especies puedan sobrevivir, así como los factores ambientales en los cuales habitan (Papes y Gaubert, 2007). En los últimos años se han utilizado métodos como el modelado de la distribución de especies (MDS, Peterson y Soberón 2012) para estimar el área en que potencialmente habitan las especies que cuentan con pocos registros de recolecta y que están restringidas a pequeñas áreas, y con esta información hacer propuestas de conservación (Gaubert, et al., 2002; Meza-Joya et al., 2018). El propósito de este trabajo fue analizar la información de los registros de la especie depositados en colecciones científicas, evaluar el efecto de las variables climáticas predictoras en su distribución y generar un mapa de su distribución potencial.

### Materiales y Métodos

Se obtuvieron datos de presencia de la especie tanto de la literatura y como de portales digitales (Gbif, SNIB). Dichos datos fueron depurados eliminando aquellos registros que no contaran con localidad y coordenadas. Los registros fueron analizados para obtener un recuento histórico de las colectas realizadas. Para modelar la distribución potencial, se usó el programa MaxEnt, se obtuvo el perfil bioclimático de la especie utilizando ArcMap 10.4.1 y por medio de un análisis de Jackknife se estimó la importancia de las variables ambientales en el modelo. Se usaron 19 capas climáticas de alta resolución para México en formato ráster, a una resolución espacial de ~1 km<sup>2</sup> (30 segundos de arco, Cuervo-Robayo et al., 2014, Cuadro 1).

## Resultados y Discusión

Si bien los trabajos relacionados con el ratón de abazones *Chaetodipus lineatus* (Best, 1993; Ortega, J y H. T. Arita. 2005) aportan información valiosa acerca de su taxonomía y su historia natural, el conocimiento actual sobre su distribución y preferencias ambientales es aún pobre, por lo que este trabajo proporciona un análisis de los registros de colecta, su distribución geográfica y sus tolerancias ambientales. En este sentido, los resultados mostraron que a lo largo de 38 años (de 1950 a 1988, Figura 1) 14 colectores han registrado a la especie y recolectaron 81 ejemplares que están depositados en 10 colecciones científicas, 8 internacionales y 2 nacionales.

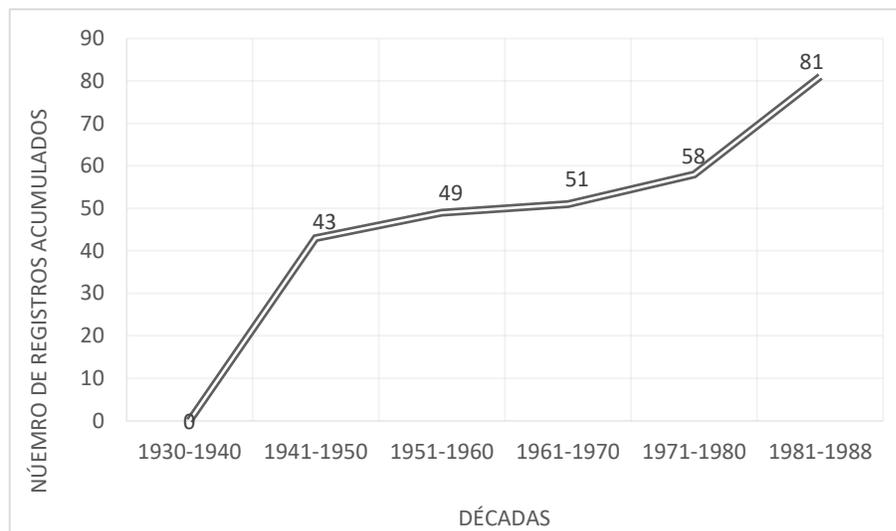


Figura 1. Número de registros acumulados de *Chaetodipus lineatus* a partir de la primera década de recolecta.

En el caso de *C. lineatus* se puede decir que está escasamente representado en las colecciones, ya que su recolecta ha sido limitada a lo largo del tiempo y ha estado limitada a algunas localidades. La mayor parte de los registros se encuentran en colecciones de los Estados Unidos, esto se debe a que a finales del siglo XIX y principios del XX en ese país, surgen instituciones y museos de historia natural con un gran interés en documentar la biodiversidad de México. La colección científica que cuentan con mayor número de ejemplares es el Museum of Natural Science de Louisiana State University (LSU, 32 registros) seguida del Laboratorio de Cordados Terrestres, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN, 14 registros), Biodiversity Institute and Natural History Museum, University of Kansas (12), Museum of Southwestern Biology, University of New Mexico (7), Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History, University of Oklahoma (5), California Academy of Sciences (3), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (2), Field Museum of Natural History (2), Texas Cooperative Wildlife Collections, Texas A & M University (2), National Museum of Natural History, Smithsonian Institution (2). Estos ejemplares fueron registrados en 28 localidades, 23 ubicadas en el estado de San Luis Potosí y 5 en el estado de Zacatecas (Figura 2).

La información de las condiciones ambientales de las localidades donde se ha recolectado la especie aporta información acerca de las tolerancias fisiológicas de la especie y permite identificar cuáles son los intervalos de temperatura y precipitación en donde actualmente las poblaciones de la especie pueden establecerse y permanecer. En este sentido, los sitios en donde ha sido registrada *C. lineatus* presentan una temperatura promedio anual de 17.9 °C y una precipitación total anual en promedio de 423 mm (Cuadro 1). Las variables que tuvieron mayor importancia en el desempeño del modelo de MaxEnt fueron las relacionadas principalmente con las temperaturas más cálidas (Cuadro 1)

Cuadro 1. Variables utilizadas para determinar el perfil bioclimático del ratón de abazones potosino, *Chaetodipus lineatus*. Se presentan los valores mínimos y máximos; entre paréntesis el promedio y la desviación estándar. Las variables climáticas marcadas con asterisco (\*) fueron las más importantes según el modelo de MaxEnt

Abreviación	Variables	Valores
BIO1*	Temperatura promedio anual (°C)	21.1- 15.5 (17.9 ±10.6)
BIO2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)	17.7-13.4 (15.9 ± 0.9)
BIO3	Isotermalidad (°C) (cociente entre parámetros 2 y7)	0.64-0.57 (0.60 ± 0.01)
BIO4	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)	1.18-0.84 (1.02 ± 0.08)
BIO5*	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)	34.7-26.8 (31.1 ± 1.9)
BIO6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)	7.7-3 (4.8 ± 1.3)
BIO7*	Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)	26.2-22.3 (26.8 ± 1.1)
BIO8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)	23.8-17.5 (20.4 ± 1.7)
BIO9*	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)	18.2-14.1 (15.7 ± 1.1)
BIO10*	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)	24.8-18.2 (21.1 ± 1.7)
BIO11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)	16.2-12 (13.7 ± 1.3)
BIO12	Precipitación anual (mm)	539-330 (423 ± 58)
BIO13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)	25-13 (18.8 ± 3.54)
BIO14	Precipitación del periodo más seco (mm)	0
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)	88-59 (71.1 ± 7.9)
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)	
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)	228-138 (175.2 ± 23.6)

BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	384-609 (483.75 ± 4.5)
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)	54-33 (41.5 ± 7.4)

---

En cuanto a los resultados de la distribución potencial, el modelo generado por MaxEnt predice un área idónea de 50,894 km<sup>2</sup> (Figura 2). El mapa de distribución potencial muestra áreas de hábitat idóneo no solamente en los sitios donde hay registros de colecciones, sino en áreas en donde no se ha recolectado aún la especie como son: al norte del estado de Guanajuato Y sur de los estados de Nuevo León y Tamaulipas. Es estos sitios en las condiciones climáticas y de tipo de vegetación son similares a los sitios donde se ha recolectado y presentan condiciones idóneas de acuerdo con el nicho ambiental de la especie

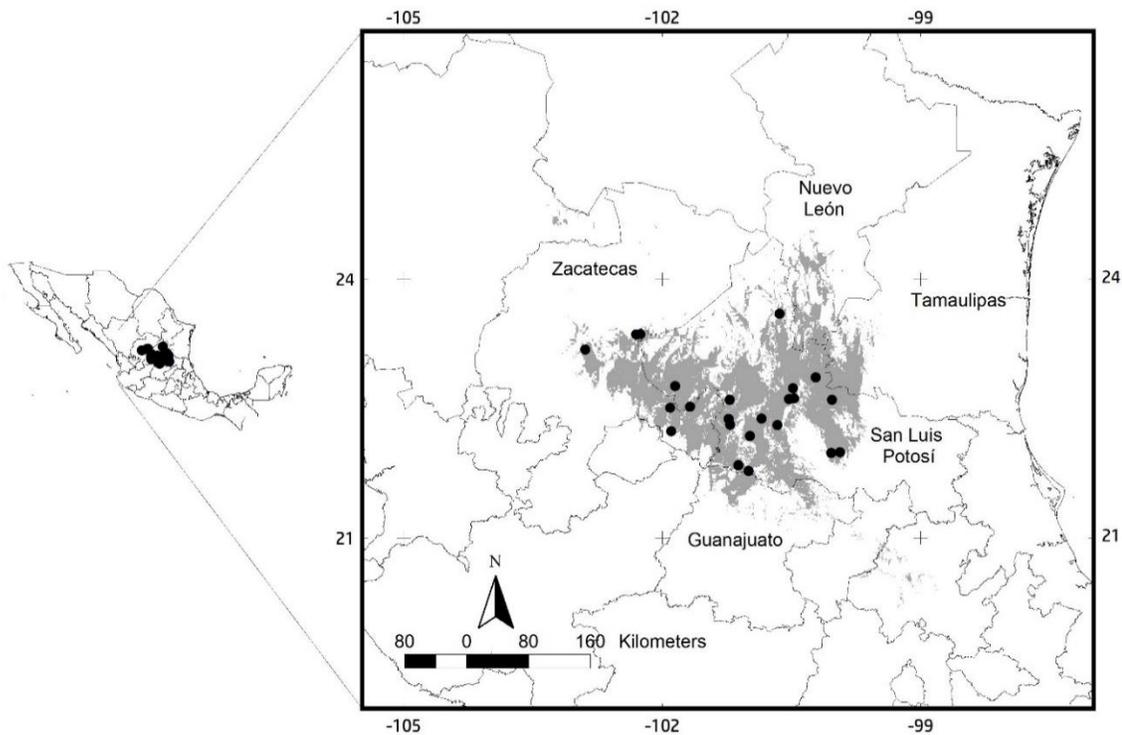


Figura 2.- Mapas de distribución potencial de *Chaetodipus lineatus*. Puntos negros son las localidades de colecta, en gris claro la distribución potencial predicha.

## Conclusiones

Toda esta información evidencia la necesidad de incrementar el esfuerzo de monitoreo sistemático de la especie, tanto en las localidades donde ya se la recolectado a lo largo de 38 años, con el fin de verificar que aún se encuentra presente, pero también en distintos sitios, que aún no han sido explorados y que podrían determinarse como sitios potenciales de prospección a partir de los resultados de los MDS.

## Literatura Citada

- Best, T.L. 1993. *Chaetopidu lineatus*. Mammalian species, 451:1-3.
- Cuervo-Robayo A. P., Téllez-Valdés O., Gómez-Albores M.A., Venegas-Barrera C.S., Manjarrez J. y E. Martínez-Meyer E. 2014. An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34: 2427-2437.
- Gaubert P., G. Veron, M. Colyn, A. Dunham, S. Shul y M. Tranier. 2002. A reassessment of the distributional range of the rare *Genetta johnstoni* (Viverridae, Carnivora), with some newly discovered specimens. *Mammal Review*, 32: 132-144.
- Meza-Joya, F.L., E. Ramos, F. Cediél, V. Martínez-Arias, J. Colmenares y D. Cardona. 2018. Predicted distributions of two poorly known small carnivores in Colombia: the Greater Grison and Striped Hog-nosed Skunk. *Mastozoología Neotropical*, 25: 89-105.
- Ortega, J y H. T. Arita. 2005. *Chaetopidu lineatus* Dalquest, 1951. pp:644-645. In: G. Ceballos, y G. Oliva (Eds.) *Los Mamíferos Silvestres de México*. FCE y CONABIO.
- Papeş, M. y P. Gauber. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and distribution*, 13: 890-902.
- Peterson, A.T. y J. Soberón. 2012. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza and Conservação*, 10: 102-107.

## EVALUACIÓN DE ACIDEZ Y PESO DE FRUTOS EN ACCESIONES DE *Ficus carica* L. DE LA COMARCA LAGUNERA

Maria del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1\*</sup>, Ricardo Trejo Calzada<sup>1</sup>, Ricardo Valdez Cepeda<sup>2</sup>, Ignacio Sánchez Cohen<sup>3</sup>, Magdalena Villa Castorena<sup>3</sup>, Jesús Arreola Ávila<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, (URUZA-UACH) Km. 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte, México. <sup>3</sup>Centro de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, INIFAP. Km. 6.5 Canal Sacramento. 35140. Gómez Palacio, Durango, México. \*Autor de correspondencia: rosario\_87\_js@hotmail.com

### Introducción

México posee un importante potencial para ser un productor sobresaliente de higo, para lograr consolidarlo es necesario un adecuado manejo de las cosechas y obtener frutos de calidad (Soberanes-Pérez, Calderón-Zavala, López-Jiménez, & Alvarado-Raya, 2020). Esta es una especie del género *Ficus* de la especie *Ficus carica* L. de las cuales se han identificado aproximadamente 750 especies; sin embargo, solo 46 de estas especies son las más cultivadas en el mundo. La higuera es un árbol caducifolio de 3-6 metros de altura de madera blanda y grisácea, con raíces abundantes. Sus hojas son palmeadas, de color verde brillante por el haz y grises y ásperas por el envés (Morton, 2000; Crisosto y Kadere, 2007). El higo es comúnmente conocido como un fruto proveniente de la higuera, sin embargo, en realidad es un sicono (inflorescencia comprimida). En el presente documento, para evitar confusiones, los siconos se denominarán frutos de higo o higos. La producción comercial de frutos de higo se basa en variedades como Adriatic, Black Mission, Brown Turkey, Conadria, Kadota y Sarylop (Flaishman et al., 2008).

Los atributos organolépticos indispensables en la calidad del higo son: color, tamaño, forma del fruto, acidez, dulzura y pH. Estas características son determinantes para su comercialización. El peso individual del fruto permite definir el número de frutos necesarios para completar un kilogramo. Mientras que, la valoración para medir la acidez de los frutos, se conoce como acidez titulable, esta se relaciona con el contenido de ácido tartárico, ácidos cítricos, etc. La variación genética significativa de especies de higo favorece el establecimiento de nuevos genotipos con propiedades deseables (Salimpour, Shamili, Dadkhodaie, Zare y Hadadinejad, 2019). La búsqueda de accesiones con características destacables incluye la observación de sus propiedades. El objetivo de este estudio fue evaluar la tamaño de fruto y acidez total de ocho accesiones de *Ficus carica* L. (higuera) (Arista, Carlos Real, Ceballos, Cruces-Blanco, Cruces-Negro, Guadalupe Victoria, La Fortuna y Simón Bolívar) recolectadas en el área de la Comarca Lagunera.

## Materiales y Métodos

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de fisiología vegetal de la URUZA-UACH. El estudio constó de la colecta y caracterización de ocho accesiones de plantas de higuera en la región de la Comarca Lagunera. Las accesiones se identificaron por mostrar rasgos atractivos para el sistema productivo como lo es tamaño del fruto, peso de fruto, tiempo de cosecha y la generación o no de breva. La colecta de frutos de higueras identificadas se realizó en los meses de Junio-Julio. Estas accesiones se denominaron como: Fortuna, Cruces Negro, Cruces Blanco, Carlos Real, Guadalupe Victoria, Arista, Ceballos y Simón Bolívar. Las plantas evaluadas se encuentran bajo el sistema de traspatio así como de forma silvestre. La determinación de acidez titulable se valoró con el método de titulación ácido-base. La determinación se realizó pesando 5 g de muestra la cual se disuelve en 25 mL de agua destilada. La muestra se filtró y se tituló con solución de NaOH 0.1 N. Para observar el final de la titulación se empleó como indicador fenolftaleína, los resultados obtenidos se reportaron como porcentaje de ácido cítrico (% ácido cítrico). Para el cálculo se consideró la ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \left( \frac{A * N * C}{M} \right) * 100;$$
 considerando que A= mL gastados en la titulación, N= normalidad de la solución de titulación, C=Peso equivalente del ácido (64.04) y M= masa de la muestra en mg.

La determinación del peso de los frutos se realizó en frutos maduros. Los higos se trasladaron en refrigeración hasta el laboratorio, posteriormente estos se pesaron en balanza analítica con una precisión de 0.0001 g (Marca Velab). Ambas determinaciones emplearon 20 higos de cada accesión. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa estadístico SPSS versión 18, mediante análisis de varianza (ANOVA) y análisis de correlación.

## Resultados y Discusión

En los resultados observados en la Figura 1 es posible observar que los mayores niveles de acidez se registraron en los frutos encontrados en Simón Bolívar ( $\bar{X}=0.550 \pm \text{E.S. } 0.059$ ) a diferencia de las otras accesiones, la diferencia es estadísticamente significativa ( $P=0.001$ , g.l.=7,  $F=19.359$ ). La menor concentración de la acidez se observó en los higos de La Fortuna ( $\bar{X}=0.175 \pm \text{E.S. } 0.015$ ). El peso (Figura 2) de frutos estuvo en un rango de 12.59 a 29.81 g, con diferencias significativas entre las ocho accesiones evaluadas ( $P=0.001$ , g.l.=7,  $F=16.177$ ). El mayor tamaño de fruto se observó en las accesiones Ceballos ( $\bar{X}=29.8069 \pm \text{E.S. } 2.08$ ) y Guadalupe Victoria ( $\bar{X}=28.1727 \pm \text{E.S. } 1.94$ ). Mientras que los higos más pequeños se observaron en la accesión Simón Bolívar ( $\bar{X}=12.5845 \pm \text{E.S. } 0.629$ ). El mejoramiento de la calidad gustativa en ecotipos o variedades de higuera es uno de los parámetros de gran importancia. La calidad gustativa considera el contenido de azúcares, firmeza, aroma además de acidez (Hueso-Martín & Cuevas-González, 2014). El contenido de acidez está caracterizado fundamentalmente por el contenido de ácidos orgánicos (cítrico y málico, fundamentalmente).

La acidez de los frutos varía en función de factores como la variedad, la zona, las características del cultivo y el índice de maduración de los frutos. La acidez deseable debe estar equilibrada entre un índice bajo y un alto contenido de azúcares.

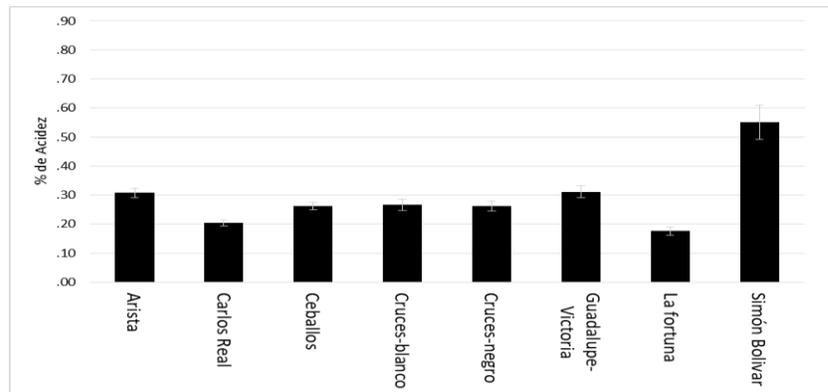


Figura 1. Acidez titulable de frutos de accesiones de higuera evaluadas.

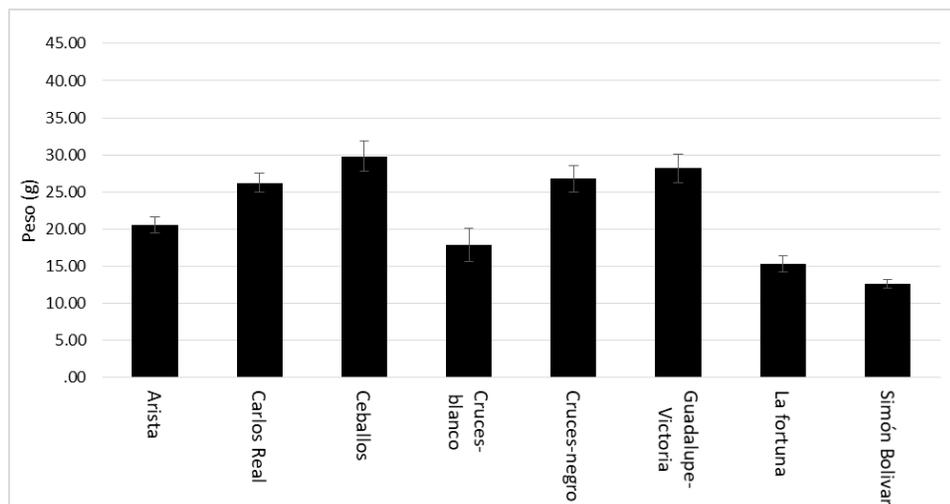


Figura 2. Peso de frutos de accesiones de higuera evaluadas.

El número de frutos para colectar un kilogramo se agrupa en muy grandes <45, grandes de 45 a 60, medianos de 61 a 80 y pequeños de 81 a 100 (González-Rodríguez, A.; Grajal-Martín, M.J. 2011). En la Figura 3 se puede observar que los higos de mayor tamaño se obtuvieron en la accesión Ceballos con un total de 34 higos/Kg. Los indicadores comerciales sugieren el empaque de 50 piezas por kilogramos como un higo de primera calidad (Contreras-Saavedra, 2019). Sobre esta base, las accesiones Ceballos, Guadalupe Victoria, Carlos Real, Cruces Negro y Arista cumplen con esa característica. La correlación entre el peso de los frutos y la acidez titulable fue de  $r = -0.287$  con una significancia de 0.010, lo cual indica una correlación baja negativa. Aun cuando la correlación es baja, es significativa y podría decirse que las accesiones con mayor tamaño de fruto tendieron a mostrar una menor acidez total.

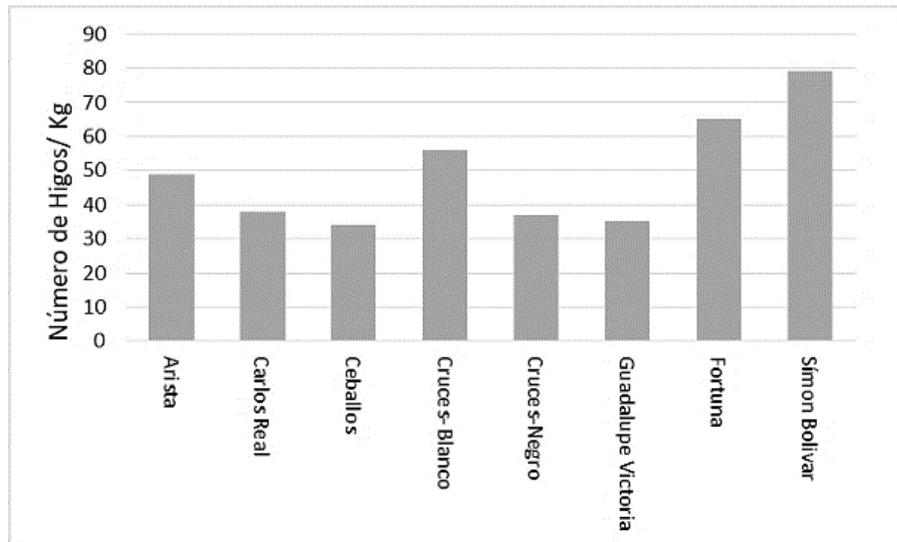


Figura 2. Número de higos en un kilogramo por sitios de evaluación.

## Conclusiones

La correlación entre la acidez de los frutos de higo y el peso de los mismos es baja y negativa. Por lo tanto, la relación del peso con su nivel de acidez es muy bajo. Mientras que el peso de los frutos de higo de las accesiones empleadas sugiere un potencial de comercialización. Es por ello, que la caracterización de accesiones de higuera en la Comarca Lagunera con características deseables es necesario y con ello generar su propagación comercial. Cinco de las accesiones producen higos de primera calidad considerando el tamaño y peso.

## Literatura Citada

- Contreras- Saavedra, S. 2019. Actividad Antifúngica de un recubrimiento Biodegradable para el manejo Postcosecha de *Ficus carica*. Instituto Politécnico Nacional.
- Crisosto C y Kader AA. 2007. Figs In postharvest quality maintenance guidelines. Postharvest information for fruits and fruits.
- Flaishman, M.; Rodov, V. y Stover, E. 2008. The Fig: Botany, Horticulture and Breeding»; Hort. Rev. (34); pp. 113-196.
- González-Rodríguez, A.M. y Grajal-Martín, M.J. 2011. Higueras de Canarias, Caracterización morfológica de variedades. Gobierno de Canarias. ISBN: 13:978-84-606-5404-9. Revisado: julio de 2021.
- Hueso-Martín, J. J., & Cuevas-González, J. 2014. La Higuera. In La fruticultura del siglo XXI en España. (Cajamar Ca, pp. 241–260).
- Morton FJ. 2000. Fruits of warm climates. Fig. *Ficus carica*. Purdue University. NewCROP. Available from: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/default.html> (Consulta, septiembre 2021).
- Salimpour, A., Shamili, M., Dadkhodaie, A., Zare, H., & Hadadinejad, M. 2019. Evaluating the salt tolerance of seven fig cultivars (*Ficus carica* L.). Adv. Hort. Sci, 33(4), 553–565. <https://doi.org/10.13128/ahsc>
- Soberanes-Pérez, A., Calderón-Zavala, G., López-Jiménez, A., & Alvarado-Raya, H. E. 2020. Bioregulators for fig production under greenhouse conditions. Revista Fitotecnia Mexicana, 43(1), 61–69. <https://doi.org/10.35196/RFM.2020.1.61>

## CAPTURA Y ANILLAMIENTO DE AVES DE PASTIZAL

Amara Sahad Jiménez-Chávez<sup>1\*</sup>, Martín E. Pereda-Solis<sup>2</sup>, Luis A. Tarango Arámbula<sup>3</sup>,  
Fernando Flores-Morales<sup>2</sup>, Daniel Sierra-Franco<sup>2</sup>, Manuel Armando Salazar-Borunda<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; Km 40 Ctra. Gómez Palacio, Dgo. - Cd. Juárez, Chih.; C.P. 35230. Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ctra. Durango - Mezquital, km 11.5. 34000. Durango. Méx. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, 78600 Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, Méx. \*Autor de correspondencia: ajimenezc@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

Aproximadamente 30% de las aves de México realizan migraciones transfronterizas (Villaseñor-Gómez & Santana, 2003). Para el monitoreo de estos patrones de desplazamientos se realiza el anillado de aves y la información relacionada con esta técnica incluye principalmente el nombre de la especie, sitios de captura, sexo, edad estimada, medidas morfométricas y condición corporal (Villarán, 2002). Cabe señalar que el éxito del anillado consiste en la manipulación correcta de los individuos, de otra manera se ocasiona un estrés durante su manejo, el cual puede afectar la sobrevivencia de los individuos una vez liberados. Por ello, el objetivo de esta contribución es mostrar la forma adecuada de la captura y anillamiento de aves de pastizal.

### Materiales y Métodos

*Área de estudio:* Este estudio se realizó durante la tercera semana del mes de noviembre del 2020 en Cuchillas de la Zarca, este sitio se ubica entre los estados de Chihuahua y Durango (25° 20' 00" y 27° 00' 00" de Latitud Norte y 105° 50' 00" y 104° 25' 00"), cuenta con una extensión de 11,588 km<sup>2</sup>. *Captura y anillamiento de aves:* Las actividades de este proyecto se realizaron de acuerdo con el permiso de colecta científica SGPA/DGVS/05450/20. La captura de aves se realizó utilizando dos redes de niebla polyester negro modelo KTX de Avian Research Supplies, AFO, de 36 mm de malla con el método de arreo (Panjabi & Beyer, 2010), el cual consistió en la participación de 9 personas dispuestas en forma de "U", quienes caminaron en la misma dirección del viento y condujeron a las aves hacia la red. Para extraer las aves de la red y minimizar el estrés derivado de su manipulación, primero los individuos se inmovilizaron con las manos, se liberaron las patas, posteriormente el cuerpo y alas (teniendo especial atención en la álula) y por último la cabeza del ave. Para una manipulación correcta de los ejemplares se recomienda extraer la cabeza del ave entre los dedos índice y dedo medio, mientras que el lomo del ave se apoya en la palma de la mano para inmovilizarla, las patas del ave se colocan entre el dedo meñique y anular, quedando libres para colocar el anillo metálico (Figura 1). El tipo de anillo utilizado fue de talla 1 del USGS (United States Geological Survey) y se colocó en la pata izquierda de los gorriones de pastizal (*Ammodramus savannarum* y *Centronyx bairdii*). Adicionalmente, a los individuos capturados se les registraron sus datos morfométricos y de peso (g) como cuerda alar (mm), longitud de cola (mm), culmen (mm), ancho del pico (mm) y profundidad del pico (mm).

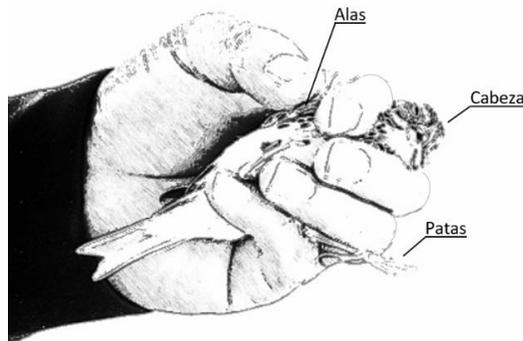


Figura 1. Esquema de manipulación correcta de *Ammodramus savannarum* (fotografía propia).

## Resultados y Discusión

Se capturaron 57 ejemplares, de los cuales 34 fueron gorriones chapulineros (*Ammodramus savannarum*) y 23 gorriones Baird (*Centronyx bairdii*).

Cuadro 1. Peso promedio y desviación estándar (DE) del gorrión chapulinero (*Ammodramus savannarum*) y gorrión Baird (*Centronyx bairdii*).

	<i>Ammodramus savannarum</i>	<i>Centronyx bairdii</i>
Promedio	17.2	16.6
DE	1.0	0.9

## Conclusión

El anillamiento de aves ofrece ventajas para su monitoreo, especialmente durante su migración, esta técnica se aplica en aves pequeñas y medianas, y ofrece la oportunidad de estudiar sus poblaciones y rutas migratorias (Burnham & White, 2002). El tipo de anillo y sus características que se utiliza en las aves, depende de la especie y si es terrestre o acuática, así como de su longevidad. Los estudios sobre el diseño de anillos indican que la aleación de aluminio con magnesio y manganeso mejora su durabilidad y maleabilidad (Venegas, 2009).

## Literatura Citada

- Burnham, K. P., & White, G. C. (2002). Evaluation of some random effects methodology applicable to bird ringing data. *Journal of Applied Statistics*, 29(1-4), 245-264.
- Panjabi, A., & Beyer, L. (2010). Desert grassland bird conservation: is low winter survival driving population declines? Phase I. *Report Phase I*, Brighton, 10.
- Venegas, A. M. (2009). Anillamiento científico de aves silvestres. *La Chiricoca*, 8, 9-20.
- Villaseñor-Gómez, J. F., & Santana, E. (2003). El monitoreo de poblaciones: herramienta necesaria para la conservación de aves en México. *Conservación de aves. Experiencias en México*, compilado por Héctor Gómez y Adán Oliveras, 224-409.
- Villarán, A. (2002). El anillamiento: un método de plena vigencia para el estudio científico de las aves. *Ecología*, 16, 433-449.

## SUSCEPTIBILIDAD DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) A ANTRACNOSIS (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Nadiezhdá Ramírez-Cabral, Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez, Ángel Cid-Ríos,  
Manuel Reveles-Hernández.

INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R. Zacatecas, 98500, México. ramirez.nadiezhdá@inifap.gob.mx

### Introducción

Zacatecas es uno de los principales estados productores de frijol a nivel nacional, esta leguminosa es un grano básico para la población mexicana. Este noble grano representa una de las principales fuentes de proteínas para la población de escasos recursos, además que han encontrado la presencia de fitoquímicos que previenen y tratan enfermedades crónicas degenerativas como el cáncer (Guzmán et al., 2002).

Existen diferencias entre variedades de frijol, por ejemplo, una densidad o distribución óptima para cierta variedad de frijol no lo será para otra variedad, ni los hábitos de crecimiento, resistencia o susceptibilidad a determinadas enfermedades; es decir el comportamiento de una variedad va a depender de la genética de ésta (Padilla et al., 2003). Este cultivo presenta varios problemas en su producción, dentro de ellos se encuentra la presencia de plagas y enfermedades que disminuyen en manera drástica las cosechas cuando se conjuntan: el patógeno, las condiciones ambientales adecuadas y un hospedero susceptible. De las principales enfermedades afectando esta leguminosa está la antracnosis del frijol causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Mena y Velásquez, 2010).

La antracnosis del frijol, se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, llegando a causar severas pérdidas económicas hasta del 100% en condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad (Chaves, 1980). Para el desarrollo de la antracnosis se requiere de alta humedad relativa (95%) y temperaturas frescas de 16 a 24° C. Los síntomas de antracnosis se pueden observar en la parte aérea de la planta, hojas, tallos, vainas y semillas; y con mayor facilidad en las vainas, donde las lesiones son chancros deprimidos, de forma redondeada con márgenes ligeramente prominentes delimitados por un anillo negro con borde café rojizo (Pastor-Corrales, 1985).

El uso de variedades resistentes es una de las alternativas más aconsejables para aminorar el daño causado por esta enfermedad, sin embargo *C. lindemuthianum* presenta una alta variabilidad patogénica, hasta 1998 se habían identificado 93 razas de este hongo (Pastor-Corrales y Tu, 1989; Hernández et al., 1998). Hasta la fecha se han generado variedades resistentes a este hongo, pero se desconoce a qué razas. El objetivo de esta investigación fue conocer el grado de susceptibilidad a la antracnosis de tres diferentes variedades de frijol usadas en el estado de Zacatecas.

## Materiales y Métodos

Se establecieron parcelas de frijol de riego con las variedades Flor de Mayo, Flor de Junio y Pinto Saltillo. Los materiales de flores se sembraron el 4 de mayo y el Pinto Saltillo el 31 de mayo. Las variedades se establecieron a 0.76 m entre hileras, a una distancia de 10 cm, entre plantas. El manejo de la parcela experimental se dio siguiendo las recomendaciones del INIFAP. El diseño experimental fue de parcelas subdivididas, dentro de las cuales se realizaron los sub muestreos de antracnosis en dos fechas el 28 de julio del 2021 y el 10 de agosto del mismo año.

Se realizaron muestreos con cuatro repeticiones, cada repetición con tres plantas. Las plantas fueron puestas en costales, etiquetadas y llevadas al laboratorio. Una vez en el laboratorio, se realizó una inspección visual minuciosa buscando plagas y enfermedades, en cada planta. Posteriormente, se separaron las vainas de cada planta en todas las repeticiones y fueron puestas en bolsas de papel previamente etiquetadas. Se contabilizó el total de vainas por planta, así como las vainas sanas y las vainas que presentaban síntomas de antracnosis. Enseguida, se separaron las vainas que presentaban síntomas de antracnosis para medir el daño por antracnosis basado en la escala de Urbina (2011). A cada uno de estos rangos se le asignó un porcentaje de daño de acuerdo al total de la superficie dañada de la vaina (Tabla 1).

Tabla 1. Escala para cuantificar el daño por antracnosis por rango y porcentaje.

Escala	Descripción daño	Porcentaje
1	Muy leve	5%
3	Leve	25%
5	Significativo	50%
7	Fuerte	75%
9	Muy fuerte	100%

Los porcentajes se convirtieron con la función ArcoSeno en Excel. Finalmente, se realizaron análisis tipo ANOVA en el programa SAS (2011).

### Resultados y Discusión

Flor de Mayo tuvo un promedio de 38 vainas por planta, con un mínimo de 12 vainas y un máximo de 62 vainas. En cuanto a Flor de Junio, en promedio tuvo 55 vainas, con un mínimo de 21 y un máximo de 136 vainas por planta. Finalmente, Pinto Saltillo tuvo en promedio 22 vainas por planta, presentando el número más bajo de vainas por planta con 2 y el máximo número de vainas fue 73 para esta variedad.

Flor de Junio tuvo el mayor número de vainas enfermas por planta con 50, seguidas por Pinto Saltillo con 35 y por último Flor de Mayo con 28 vainas enfermas por planta. Los materiales

de flores presentaron daño por antracnosis en todas las plantas, mientras que Pinto Saltillo tuvo plantas que no presentaron daños visibles de la enfermedad, pero también tuvo plantas donde todas las vainas estaban dañadas por antracnosis.

Dentro de las características de las variedades utilizadas se sabe que Flor de Mayo presenta de 95 a 120 días a madurez y es neutral al fotoperiodo con susceptibilidad al ataque de antracnosis; en cuanto a Flor de Junio tiene un promedio de 118 días a madurez fisiológica con una respuesta sensible al fotoperiodo y se reporta como susceptible a antracnosis; finalmente, Pinto Saltillo se reporta con un promedio de 93 a 115 días a madurez, sensible a fotoperiodo y resistente a antracnosis (Rosales et al., 2004). Aun cuando la literatura reporta a Pinto Saltillo como resistente o tolerante al ataque de antracnosis, los muestreos mostraron datos diferentes, dando como resultado la variedad de Pinto Saltillo con susceptibilidad al hongo. Esto se puede deber a la coevolución del hongo – hospedero, una posible explicación es que en la fecha de registro de Pinto Saltillo no existía una raza del hongo capaz de infectarla, pero a través del tiempo, el hongo evolucionó y en la actualidad es capaz de infectar a esta variedad.

Además, se realizó un ANOVA para los materiales de flores en ambas fechas de muestreo, el cual generó un  $R^2$  de .20 y no se presentaron diferencias significativas ni entre fechas, ni entre variedades (datos no mostrados).

Posteriormente, se realizó el análisis de varianza para las tres variedades en el muestreo del 10 de agosto para ver diferencias entre las medias de las diferentes variedades (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio del porcentaje de daño por variedad y repetición

Variedad	Repetición	Porcentaje de daño
1	1	14.74
1	2	16.67
1	3	15.83
1	4	11.57
2	1	13.61
2	2	10.95
2	3	29.78
2	4	23.57
3	1	39.75
3	2	25.77
3	3	46.90
3	4	29.52

El análisis arrojó una  $R^2$  de 0.8189 con un coeficiente de variación de 14.23, las variedades de Flor de Mayo y Flor de Junio no presentaron diferencias estadísticas, caso contrario de Pinto Saltillo. Tabla 3.

Tabla 3. ANOVA entre variedades muestreo agosto 10, 2021

Variedad	Daño (%)
Flor de Mayo	14.7 a

---

Flor de Junio	19.4 a
Pinto Saltillo	35.49 b

---

En la actualidad las variedades de Flor de Mayo y Flor de Junio se siembran en extensiones pequeñas, y la variedad Pinto Saltillo está tomando mayor auge al tener varias características que la hacen una variedad preferida por agricultores y consumidores como lo son: su ciclo corto de madurez fisiológica, resistente a sequía, enfermedades, su tamaño de grano es medio alargado, y cuenta con una prolongada vida de anaquel (Osuna et al., 2011). Las anteriores características le dan un plus en el mercado, principalmente, su ciclo corto que le permite escapar a sequías. Por el otro lado, desde su registro y en la literatura Pinto Saltillo es reportada como resistente o tolerante a antracnosis (Rosales et al., 2004), sin embargo, ya se ha visto que, si es susceptible al hongo de *C. lindemuthianum*, incluso presentando mayor daño que otras variedades.

Esta susceptibilidad a antracnosis presentada por Pinto Saltillo se puede deber a la amplia variabilidad patogénica que presenta el hongo, ya que se menciona que es tolerante pero no a qué razas. Esta variabilidad limita el uso de variedades resistentes en ciertas regiones donde se conoce las razas del hongo y que han sido generadas para estas variedades en particular, es decir, no se podrían usar en otras regiones (Rodríguez et al., 2006)

Tal como menciona Rodríguez et al (2006), el éxito de los programas de mejoramiento para la antracnosis de frijol requiere del conocimiento de las razas presentes en las diferentes regiones frijoleras para las cuales se generan variedades mejoradas y contar con fuentes de genes de resistencia a las razas prevalecientes en las mismas.

## Conclusiones

Todas las variedades de frijol fueron afectadas por antracnosis, por lo que ninguna se considera resistente o tolerante a esta enfermedad.

Aún y con el daño que se presenta, se necesita conocer los rendimientos de cada variedad para saber cuánto afecta la enfermedad.

Además, es necesario un estudio más a fondo para conocer qué razas están afectando a las variedades utilizadas en este estudio.

## Literatura Citada

- Chaves, G. 1980. Anthracnose. In: Schwartz, H. F., and Gálvez, G. E. (Ed.). Beans production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris*. CIAT series No. 09EB-1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp. 37-54
- Guzmán, M.S.J., Acosta, G.J.A., Álvarez, M.M.A., García, D.S. y Loarca, P.G. 2012. Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura técnica en México. Vol. 28, Núm 2. p. 159-173

- Hernández, G. F., González, C. M., Rodríguez, G. R., Acosta, G. J. A, y Simpson, J. 1998. La variación patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum* y su importancia en los programas de mejoramiento genético del frijol. *Rev. Mex. Fitopatol.* 16(S1):63.
- Mena, C. J y Velázquez V. R. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Folleto técnico No. 24. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 83 p.
- Osuna, C. E. S., Acosta, G. J.A., Reyes M. L., Martínez G. M. A., Padilla, R. J. S., Ventura R. E., González G. E., Cortés Ch. M. A., Garibaldi M. F. y Hernández R. I. 2011. Tecnología para incrementar la producción de frijol de temporal en el Altiplano Semiárido de México. Folleto para productores Núm. 44. CEPAB-INIFAP. 32 p
- Padilla, R. J. S, Ochoa M. R, Acosta D. E, Acosta, G. J. A, Mayek P. N. y Kelly, J. D. 2003. Grain yield of early and late dry bean genotypes under rainfed conditions in Aguascalientes, México Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. 46: 89-90.
- Pastor-Corrales, M. A. 1985. Enfermedades del frijol causadas por hongos. En: Frijol: Investigación y Producción. (Comp.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 169-180.
- Pastor-Corrales, M. A. and Tu, J. C. 1989. Anthracnose. In: Schwartz, H. F. and Pastor-Corrales, M. A. (Ed.). Bean production problems in the tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp. 77-104
- Rodríguez G. R., Acosta G. J. A., González C. M. M. y Simpson J. 2006. Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. *Agric. Téc. Méx* vol.32 no.1
- Rosales S. R., Acosta G. J. A., Muruaga M. J. S., Hernández C. J. M., Esquivel E. G. y Pérez H. P. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Libro Técnico No. 6). SAGARPA, INIFAP, CIRCE, Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Estado de México, México. 138 p
- SAS. 2011. Base SAS® 9.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Urbina C. M. 2011. Enfermedades del cultivo del frijol. *Fitopatología Especial. Unidad II.* Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco. Nicaragua

## **LAS BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO MEJORAN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA EN FRUTOS DE PEPINO**

Gerardo Zapata-Sifuentes<sup>1,2\*</sup>, Reyna Roxana Guillén-Enríquez<sup>1</sup>, Juan Manuel Nava-Santos<sup>2</sup>, Pablo Preciado-Rangel<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup>Doctorado en Ciencias en Agua Suelo. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. 27170, Torreón, Coahuila, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n. CP. 27054, Torreón, Coahuila, México. \*Autor de correspondencia: gdo.zapata81@gmail.com

### **Introducción**

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés) influyen en el crecimiento de las plantas, sin embargo, su efecto depende de la especie o cepa que se trate, esto efectos incluyen el incremento en el crecimiento y desarrollo en las plantas (Swarnalakshmi et al, 2020). La interacción entre el PGPR y las raíces de las plantas induce la modulación de los mecanismos moleculares y bioquímicos relacionados con diferentes aspectos de la fisiología vegetal, lo que repercute en la producción de metabolitos secundarios. Las PGPR y los hongos micorrízicos arbusculares simbióticos tienen un efecto promotor sobre la acumulación de metabolitos secundarios, como moléculas antioxidantes y aceites esenciales (Kolega et al, 2020).

En los últimos años han aumentado los estudios sobre los compuestos antioxidantes en los frutos debido a sus propiedades nutraceuticas, ya que la tendencia de los consumidores es seleccionar por alimentos saludables, libres de aditivos, seguros y nutritivos. Una opción actual para producir alimentos de alta calidad con mayor contenido en vitaminas, compuestos fenólicos, azúcares y compuestos antioxidantes es la producción orgánica, que evita el uso de productos químicos (Espinosa-Palomeque et al, 2021).

La producción de pepino en la agricultura protegida utiliza sustratos inertes y soluciones nutritivas, sin embargo, Calero-Hurtado et al. (2019) señalan que uso de PGPR y la utilización de sustratos con mezclas de abonos orgánicos coadyuvan para la mejora de la producción y calidad del fruto y constituye una alternativa al sistema tradicional de producción. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inoculación directa de PGPR sobre la calidad nutraceutica en el cultivo del pepino.

### **Materiales y Métodos**

El experimento se ubicó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. El cultivo se estableció en un invernadero con paredes rectas y techo en forma de arco, cubierto de polietileno transparente y con malla sombra al 50%.

*Material vegetativo.* Las semillas de pepino utilizadas fueron de la variedad Poinsett 76. El experimento fue establecido por siembra directa en bolsas negras de polietileno con capacidad de cuatro L, el sustrato utilizado fue Arena+Perlita+Vermicompost (APV) en relación 6:2:2. El cultivo se guió a un solo tallo, el riego y la nutrición fue con la solución nutritiva según Steiner (1961). La CE se mantuvo en 2 dS m<sup>-1</sup> y un pH de 5.5. El riego se realizó aplicando en la etapa de germinación 250 mL por día durante una semana. Después, 500 mL por otra semana y finalmente, un litro por planta durante los siguientes tres meses.

*Inoculo.* Las tres cepas de bacterias fueron donadas por el laboratorio de ecología microbiana de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Cada cepa fue ajustada a  $1 \times 10^8$  CFU en 0.5% PBS. Se hicieron dos inoculaciones directas, una a la semana de siembra y la segunda en la etapa de floración usando alrededor de 10 mL por planta con la cepa de la bacteria correspondiente.

*Diseño experimental.* Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, considerando cada maceta como unidad experimental con un total de 12 macetas. Se evaluó la respuesta del cultivo de pepino al efecto de *Acinetobacter radioresistens*, *Pseudomonas paralactis* y *Sinorhizobium melioli*.

#### Variables evaluadas

*Flavonoides totales.* Se determinó por el método colorimétrico con la modificación de Espinoza-Palomeque y colaboradores (2019). Se usó una mezcla de 500  $\mu$ L de extracto etanólico con 1.25 mL de agua destilada, agregando 75  $\mu$ L de NaNO<sub>2</sub> al 5%, se dejó reposar por cinco minutos para posteriormente agregar 150  $\mu$ L de AlCl<sub>3</sub> al 10%, dejando en reposo la mezcla por 6 minutos. Posteriormente se añadieron 500  $\mu$ L de NaOH 1M y 275  $\mu$ L de agua destilada agitandolo con un vórtex para después medir la absorbancia a 510 nm en el espectrofotómetro. Los resultados se expresan en mg de equivalentes de quercetina por 100 g de peso fresco (mg EQ/100 g peso fresco).

*Fenoles totales.* Se determinaron con una modificación por Espinoza-Palomeque y colaboradores (2019) del método de Toor y Savage (2005). El cual consistió en usar 200  $\mu$ L de extracto etanólico mezclados con 3 ml de agua destilada, se le agregaron 250  $\mu$ L del reactivo de Folin-Ciocalteu y se agitó en un vórtex. Se dejó reposar por tres minutos y se añadieron 750  $\mu$ L de carbonato de sodio al 20% agitándolo por 10 segundos. La solución reposó 30 minutos en oscuridad. En un espectrofotómetro Genesys 10UV se leyó la absorbancia a 750 nm. Los resultados se expresan en mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg EAG/100 g peso fresco).

*Capacidad antioxidante.* La capacidad antioxidante se determinó basándose en el método descrito por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones (Espinoza-Palomeque et al. 2019). Preparándose una solución de radical libre 1.1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH+) (Sigma-Aldrich®, St Louis MO, USA) en etanol (5 mg/100 mL de etanol grado analítico), en un matraz cubierto con papel aluminio.

La mezcla se agitó vigorosamente y el matraz fue cubierto para evitar la degradación rápida. La prueba de capacidad antioxidante se realizó mezclando 100  $\mu$ L de muestra del extracto etanólico y 1.9 mL de DPPH+. Las lecturas se realizaron a 517 nm después de 90 minutos de incubación. La capacidad antioxidante total se calculó utilizando una curva estándar con el antioxidante de referencia Trolox y los resultados se expresan en  $\mu$ M equivalentes Trolox por 100 g de peso fresco ( $\mu$ M ETrolox/100 g peso fresco).

*Análisis de datos.* Las variables de estudio fueron analizadas con el paquete estadístico SAS 9.4, en caso de encontrar diferencia significativa, se realizó la comparación media por el método de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos, (Figura 1), se observa que las PGPR aumentaron los fenoles totales, sin diferencias entre ellos, pero difieren del tratamiento sin inocular. Por otro lado, *P. paralectis* registró el valor promedio más alto con 225.21 mg/100 g PF. Además, en el contenido total de flavonoides (Figura 2), se aprecia que la bacteria *P. paralectis* incrementa los flavonoides con un valor promedio de 119.41 mg/100 g PF del tratamiento sin bacteria presentó el menor valor para esta variable con 75.89 mg/100 g PF. Se encontró que entre bacterias son estadísticamente iguales, pero que se difiere sobre el tratamiento sin inoculó. Esto se podría considerar que la colonización de PGPR inducen la resistencia contra agentes de estrés bióticos y abióticos, lo cual coincide con lo reportado por otros autores (Chandrasekaran et al., 2019) en similares estudios con PGPR reportando el incremento de fenoles y flavonoides promoviendo una mejor calidad nutracéutica de los frutos, también, las PGPR han sido relacionadas en la inducción de la acumulación de algunas enzimas involucradas en el metabolismo de flavonoides y fenoles (Ochoa-Velasco et al., 2016), por lo tanto nuestros resultados concuerdan en el incremento de estos compuestos.

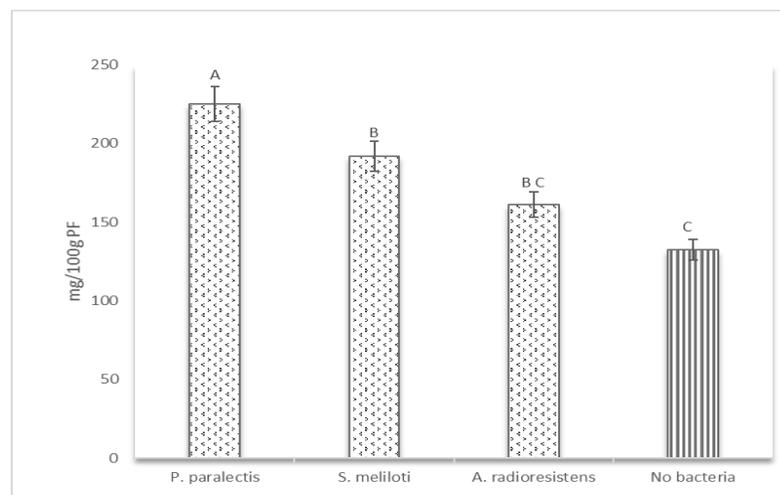


Figura 1. Efecto de la inoculación de PGPR en el contenido de fenoles en el cultivo de pepino

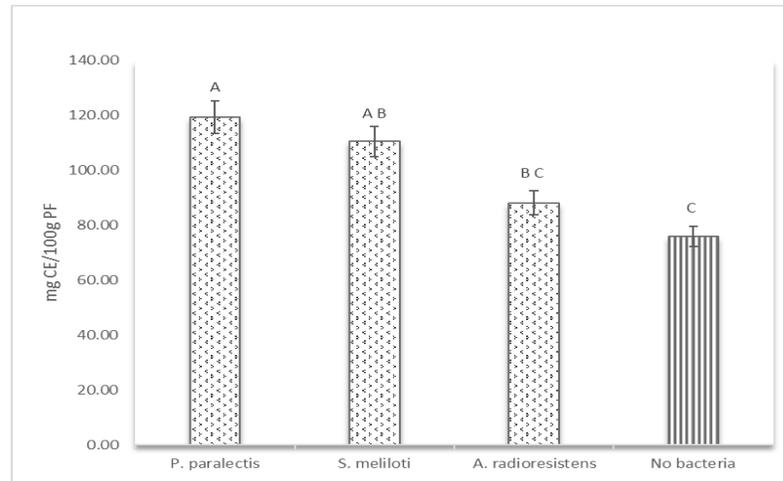


Figura 2. Efecto de la inoculación de PGPR en el contenido de flavonoides en el cultivo de pepino

Por otro lado los antioxidantes (Figura 3), no mostraron diferencia estadísticamente significativa. Los valores registrados fluctúan de 87.36 mg/100 g PF (al no ser inoculado) hasta 101.41 mg/100 g PF en la bacteria *S. meliloti*. Lo cual se puede interpretar como inexistente el incremento de la actividad antioxidante lo que indica que, aunque las bacterias actúan como un regulador de las síntesis de los componentes de los antioxidantes en la planta la presencia de antioxidantes en el cultivo del pepino sería similar sin inoculación por PGPR. Estudios similares, han sido reportado en otros cultivos la influencia de las PGPR y mejorando la calidad del fruto (Martí y Cebolla-Cornejo, 2016), también, la aplicación de las PGPR podría ayudar a la planta a obtener frutos capaces de combatir mayormente el estrés oxidativo (Chandrasekaran et al., 2019), sin embargo, existe discrepancia en el cultivo del pepino sobre el incremento de antioxidantes por la inoculación de PGPR de acuerdo a los resultados obtenidos.

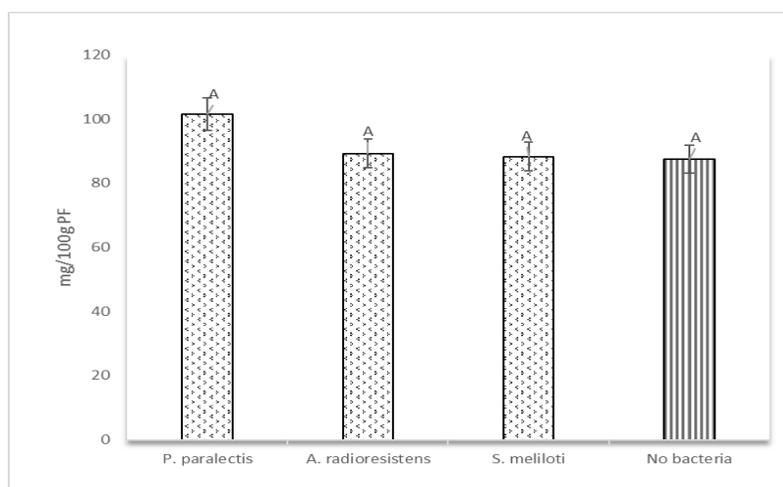


Figura 3. Efecto de la inoculación de PGPR en el contenido de vitamina C en el cultivo de pepino

## Conclusiones

La inoculación con *P. paralectis* incrementa la calidad del fruto de pepino al mejorar la biosíntesis de flavonoides y fenoles. La utilización de PGPR es una alternativa en la agricultura protegida para favorecer calidad nutracéutica del cultivo del pepino.

## Literatura Citada

- Chandrasekaran, M., Chun, S. C., Oh, J. W., Paramasivan, M., Saini, R. K., & Sahayarayan, J. J. (2019). *Bacillus subtilis* CBR05 for tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits in South Korea as a novel plant probiotic bacterium (PPB): Implications from total phenolics, flavonoids, and carotenoids content for fruit quality. *Agronomy*, 9(12), 838.
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., García-Hernández, J. L., PreciadoRangel, P., Sáenz-Mata, J., & Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Biotecnia*, 21(3), 100-107. Espinosa-Palomeque B., P. Cano-Ríos, L. Salas-Pérez, J. L. García-Hernández, P. Preciado- Rangel, J. Sáenz-Mata y J. L. Reyes-Carrillo. (2019). Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Biotecnia / XXI* (3): 100-107.
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A. V., & Preciado-Rangel, P. (2020). Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 795-803.
- Kolega S, Miras-Moreno B, Buffagni V, Lucini L, Valentinuzzi F, Maver M, Mimmo T, Trevisan M, Pii Y and Cesco S (2020) Nutraceutical Profiles of Two Hydroponically Grown Sweet Basil Cultivars as Affected by the Composition of the Nutrient Solution and the Inoculation With *Azospirillum brasilense*. *Front. Plant Sci.* 11:596000. doi: 10.3389/fpls.2020.596000
- Martí, R., Roselló, S., & Cebolla-Cornejo, J. (2016). Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers*, 8(6), 58.
- Ochoa-Velasco, C. E., Valadez-Blanco, R., Salas-Coronado, R., Sustaita-Rivera, F., Hernández-Carlos, B., García-Ortega, S., & Santos-Sánchez, N. F. (2016). Effect of nitrogen fertilization and *Bacillus licheniformis* biofertilizer addition on the antioxidants compounds and antioxidant activity of greenhouse cultivated tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheva). *Scientia Horticulturae*, 201, 338-345.
- Swarnalakshmi, K., Yadav, V., Tyagi, D., Dhar, D. W., Kannepalli, A., & Kumar, S. (2020). Significance of plant growth promoting rhizobacteria in grain legumes: Growth promotion and crop production. *Plants*, 9(11), 1596.

## DESARROLLO NATURAL DE LESIONES CAUSADAS POR PATÓGENOS DEL SUELO EN PLANTAS DE FRIJOL

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

<sup>1</sup> Campo Experimental Pabellón – INIFAP, Km. 32.5, Carretera Aguascalientes – Zacatecas, CP 20660.

<sup>2</sup> Campo Experimental Zacatecas – INIFAP, Km. 24.5, Carretera Zacatecas – Fresnillo CP 98500. \*Autor de correspondencia: velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### Introducción

Las pudriciones de la raíz de frijol son una de las enfermedades más diseminadas y económicamente importantes en el área productora de esa leguminosa en México debido a su amplia distribución en todas las zonas productoras y a la reducción en rendimiento que provoca y que en ocasiones puede alcanzar hasta el 50% (Montiel-González *et al.*, 2005; Navarrete-Maya *et al.*, 2009). Entre los microorganismos más frecuentemente asociados con la enfermedad se encuentran *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium* y *Pythium*; algunos de los síntomas subterráneos de su infección incluyen la decoloración externa del tejido normal que va tomando una coloración anaranjada a café rojiza (Sánchez-García *et al.*, 2006). A nivel mundial se conoce la presencia de un complejo de hongos involucrados en el ahogamiento de plántulas de frijol (Hatat y Özkoç, 1997; Naseri, 2014) y para su manejo es común el empleo de fungicidas (Araya y Hernández, 2006), sin embargo poco se sabe acerca del comportamiento de la enfermedad en los primeros días después de la germinación de las plántulas de frijol, por lo que el objetivo del trabajo consistió en determinar el efecto de la aplicación de un fungicida sobre la aparición de lesiones de la enfermedad durante los primeros días después de la emergencia de la plántula de frijol.

### Materiales y Métodos

Se colectó suelo de una parcela de frijol con antecedentes de pudrición de la raíz en el municipio de san Francisco de los Romo, Aguascalientes. El suelo se colocó en cuatro recipientes de plástico; en cada uno se sembraron 40 semillas de la variedad Pinto Coloso; la mitad de esas semillas se trató con el fungicida Interguzan previamente a la siembra mientras que el resto no recibió tratamiento alguno. Los recipientes se conservaron en condiciones de laboratorio durante el transcurso del trabajo. A las 120 y 144 horas después de la siembra (hds) se midió la longitud de raíz (cm) y se contó el número de lesiones de pudriciones de la raíz en cada una de cinco semillas en germinación tomadas al azar en cada recipiente. A las 168 hds se realizó una evaluación final de las variables mencionadas en las 10 semillas restantes de cada tratamiento en cada recipiente. Con la información de la variable número de lesiones se calculó la incidencia de la enfermedad (%). Se corroboró la identidad de los patógenos presentes en las lesiones de raíces tomadas al azar en cada tratamiento. La evaluación estadística se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos (semilla tratada y no tratada) con cuatro repeticiones. El trabajo se repitió en dos ocasiones.

## Resultados y Discusión

No se encontró diferencia significativa entre la semilla tratada con el fungicida y la no tratada en ninguna de las tres variables (longitud de la raíz, número de lesiones y porcentaje de plantas enfermas) en ninguno de los periodos de exposición (120, 144 y 168 hds). El mismo resultado se obtuvo en los dos experimentos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del fungicida aplicado a la semilla de frijol sobre la longitud de la raíz de la plántula, número de lesiones de pudrición de la raíz e incidencia de la enfermedad.

Variable	Tiempo de exposición (hds <sup>1</sup> )	Experimento			
		1		2	
		Tratada	Testigo	Tratada	Testigo
Longitud de raíz	120	2.2 <sup>x</sup>	1.9 ns	1.0	1.4 ns
	144	2.7	1.6 ns	0.9	1.1 ns
	168	2.4	1.3 ns	1.1	1.3 ns
Número de lesiones	120	0.5	2.8 ns	0.0	0.2 ns
	144	0.7	1.0 ns	1.0	0.5 ns
	168	1.1	1.1 ns	1.0	1.0 ns
Incidencia	120	10	20.0 ns	0.0	8.3 ns
	144	20	40.0 ns	20.0	10.0 ns
	168	28	55.2 ns	31.7	32.5 ns

<sup>1</sup> Horas después de la siembra; <sup>x</sup> valores medios de cinco plantas a las 120 y 144 hds y de 10 plantas a las 168 hds.

Muthomi *et al.* (2007) han señalado que el tratamiento de la semilla con un fungicida (oxicloruro de Cobre) incrementó la emergencia de plántulas de frijol; en el presente trabajo el porcentaje de germinación de la semilla tratada con el fungicida fue de 98.7 y 91.2% para el primero y segundo experimento, respectivamente y de 91.2 y 80% para la semilla no tratada (testigo) en el primero y segundo experimento respectivamente. Aunque otros factores como la disponibilidad de agua pueden afectar la germinación de la semilla, la tendencia de la semilla protegida con fungicida a tener un mayor porcentaje de germinación fue consistente.

Al comparar la incidencia de la enfermedad a las 120 y 168 hds dentro de cada tratamiento, solamente se encontró diferencia significativa en la incidencia de la enfermedad en la semilla tratada que fue significativamente mayor (31.6%) a las 168 hds en comparación con 0% a las 120 hds.

En el primer experimento la incidencia de plántulas de frijol con lesiones de pudrición de la raíz fue consistentemente menor para las provenientes de semilla protegida que las originadas de semilla sin tratamiento fungicida en las tres fechas de evaluación (Figura 1).

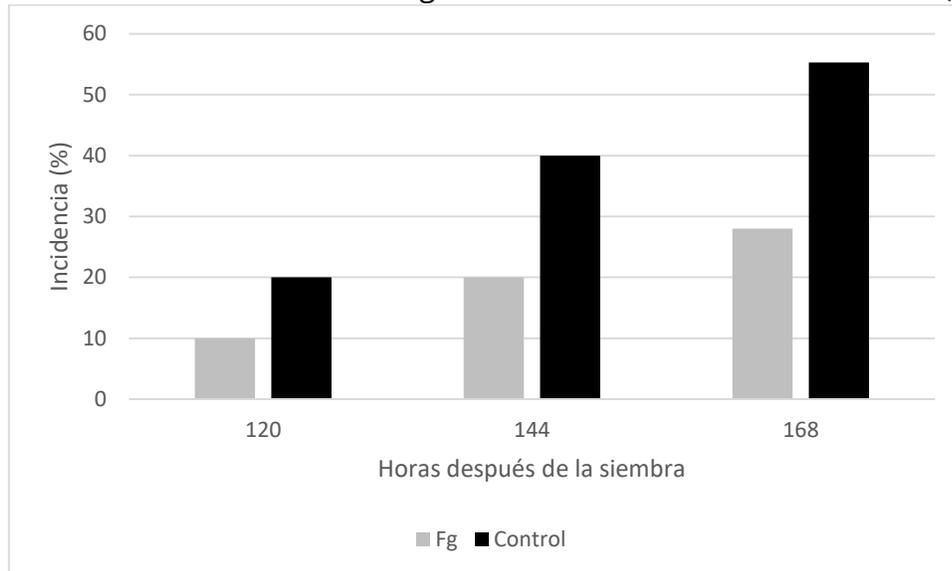


Figura 1. Incidencia de plántulas de frijol con lesiones de pudrición de la raíz a las 120, 144 y 168 horas después de la siembra (Fg: semilla tratada con fungicida; Control: semilla sin tratamiento). Primer experimento.

La incidencia de plántulas con síntomas de la enfermedad en el segundo experimento mostró algunos cambios ya que fue mayor en plántulas provenientes de semilla tratada con fungicida que en las de semilla sin tratamiento fungicida a las 144 hds mientras que la incidencia de pudriciones de la raíz en plantas de ambos tratamientos fue similar a las 168 hds, 31.6 y 32.5% para las plántulas originadas de semilla tratada y de semilla sin protección química, respectivamente (Figura 2).

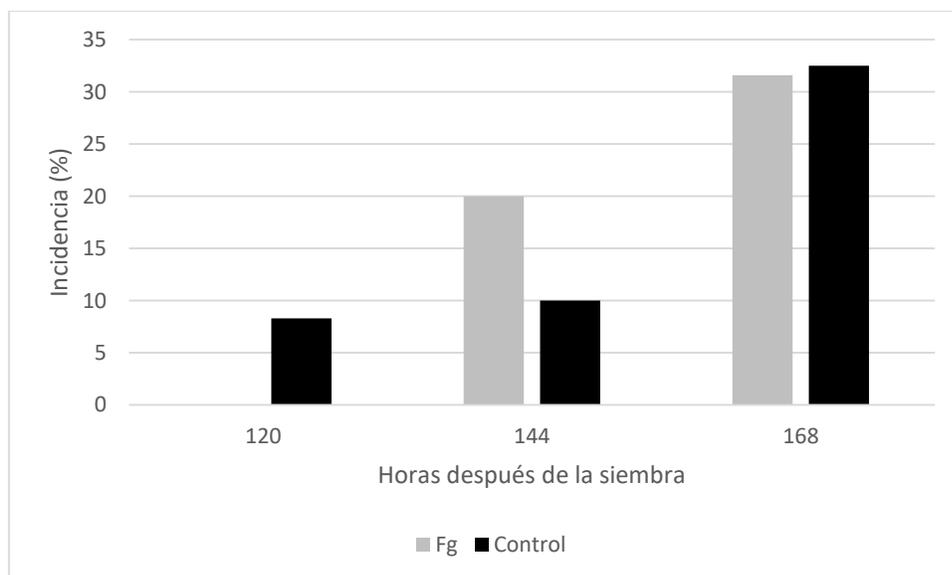


Figura 2. Incidencia de plántulas de frijol con lesiones de pudrición de la raíz a las 120, 144 y 168 horas después de la siembra (Fg: semilla tratada con fungicida; Control: semilla sin tratamiento). Segundo experimento.

## Conclusiones

Los resultados de estos trabajos podrían sugerir que el efecto del tratamiento con fungicidas a la semilla de frijol en las primeras horas después de la siembra es de poca diferencia con respecto a la semilla no tratada con fungicidas, sin embargo es necesario considerar que los resultados pueden ser diferentes al utilizar otros fungicidas o variedades de frijol además de otros tipos de suelos con diferentes características físico-químicas y, desde luego, composición y concentración de inóculo.

## Literatura Citada

- Araya FCM y Hernández FJC. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. INTA, Universidad Nacional Costa Rica 44 p.
- Hatat G and Özkoç I. 1997. Bean root-rot disease incidence and severity in Samsun and fungi associated with bean roots and soils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 21:593-597.
- Mena C.J. y R.V. Velásquez. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Folleto Técnico No. 24. Campo Experimental Zacatecas – INIFAP. 83 p.
- Montiel-González L, González-Flores F, Sánchez-García BM, Guzmán-Rivera S, Gámez- Vázquez FP, Acosta-Gallegos JA, Rodríguez-Guerra R, Simpson-Williamson J, Cabral-Enciso M y Mendoza-Elos M. 2005. Especies de *Fusarium* presentes en raíces de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con daños de pudrición, en cinco estados del centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología 23:1-10.
- Muthomi JW, Otieno PE, Chemining'wa GN, Nderitu JH, and Wagacha JM. 2007. Effect of legume root rot pathogens and fungicide seed treatment on nodulation and biomass accumulation. Journal of Biological Sciences 7:1163-1170.
- Naseri B. 2014. Bean production and fusarium root rot in diverse soil environments in Iran. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 14:177-188.
- Navarrete-Maya R, Trejo-Albarrán E, Navarrete-Maya J, Prudencio-Sains JM y Acosta-Gallegos, JA. 2009. Reacción de genotipos de frijol a *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia solani* bajo condiciones de campo e invernadero. Agricultura Técnica en México 35:455-466.
- Sánchez-García BM, González-Flores F, Pons-Hernández JL, Acosta-Gallegos JA, Cabral-Enciso M, Fraire-Velázquez S, Simpson J y Rodríguez-Guerra R. 2006. *Fusarium lateritium*: nuevo patógeno de la raíz del frijol en México. Agricultura Técnica en México 32:251-257.

## INSECTOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON PARÁMETROS AMBIENTALES EN EL PARQUE ESTATAL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ

Edwin Alán Rodríguez-Ríos<sup>1\*</sup>, Josué Raymundo Estrada-Arellano<sup>1</sup>, Jesús Lumar Reyes-Muñoz<sup>1</sup>, Fernando Alonzo-Rojo<sup>1</sup>, Gabriel Fernando Cardoza-Martínez<sup>1</sup>, Osvaldo Donovan Martínez-Méndez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad S/N, Filadelfia, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango, Blvd. Miguel Alemán 900 Poniente, Lerdo, Durango, México. \* Autor de correspondencia: alanrodriguez.bio@gmail.com

### Introducción

Los ecosistemas dulceacuícolas albergan una gran biodiversidad, la cual oscila el 9.5% del total de la fauna descrita en el mundo (Castillo *et al.*, 2018). A pesar de su enorme importancia, están bajo seria amenaza, particularmente en países, como México, en vías de desarrollo (Castro-López *et al.*, 2019). Su decadencia se debe a la elevada demanda por el uso del recurso hídrico, el intensivo cambio uso de suelo y por inadecuadas políticas para su manejo, poniendo en alto riesgo de extinción a la diversidad dulceacuícola (Castro-López *et al.*, 2019; Castillo *et al.*, 2018). Estas modificaciones en el ambiente repercuten en las comunidades de insectos acuáticos, alterando su funcionamiento, estructura y composición (Pérez-Munguía, 2007; Merrit *et al.*, 2008). Estos ensamblajes y sus variaciones pueden ser detectados, evaluados y usados como una herramienta para bioindicar la calidad ambiental del agua, y un recurso para el monitoreo y manejo de sistemas dulceacuícolas (Springer, 2010). Existe una gran variedad de métodos para la evaluación de calidad de agua, sin embargo, el índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party), por sus cualidades, es de los más utilizados a nivel mundial (Yazdian *et al.*, 2014; Paisley *et al.*, 2014) y son un complemento a la valoración cualitativa tradicional dada por los parámetros fisicoquímicos del agua (Barbour *et al.*, 1999). Por lo que en el presente estudio se evaluarán comunidades de insectos acuáticos presentes Parque Estatal Cañón de Fernández (PECF) para bioindicar la calidad ambiental del agua y dilucidar las relaciones que tienen los factores ambientales sobre los ensamblajes de esta biota.

### Materiales y Métodos

En febrero de 2021, correspondiente a la estación de invierno, a lo largo del río Nazas dentro del polígono PECF, se ubicaron cinco sitios de muestreo, equidistantes a 4.5 - 5km: CF-AS1 (25°45'50.83" N, -103°73'71.80" O), CF-AS2 (25°38'73.12" N, -103°74'28.29" O), CF-AS3 (25°35'47.80" N, -103°73'99.94" O), CF-AS4 (25°31'45.68" N, -103°73'69.84" O) y (25°27'67.88" N, -103°73'80.92" O), cada sitio estuvo compuesto por tres subsitios diferenciados por microhábitats. Se colectaron insectos acuáticos tomando como base la metodología propuesta por Sermeño-Chicas y colaboradores (2010).

El material biológico se fijó y preservó en frascos con alcohol al 70%. Las muestras fueron procesadas en laboratorio donde los insectos acuáticos fueron identificados a nivel de familia utilizando claves taxonómicas especializadas (Merritt *et al.*, 2008; Voshell, 2002). Se obtuvo la abundancia (A) de cada taxon colectado. Se utilizaron los siguientes estimadores de diversidad: Riqueza específica (S), Margalef (Mg), Shannon-Wiener (H'), Equidad Pielou (E) y Dominancia Simpson ( $\lambda$ ). Se midieron parámetros fisicoquímicos del agua *in situ*: temperatura (C°), oxígeno disuelto (OD: mg/l y %), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (STD), velocidad de corriente (VC), caudal (Cdl) y parámetros *ex situ*: nitratos (NO<sub>3</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>) y amonio (NH<sub>4+</sub>). Se evaluó la estructura y composición del hábitat mediante el Índice de Calidad Ambiental Visual (ICAV) propuesto por Barbour y colaboradores (1999) para acceder a la calidad del hábitat en cuestión. La determinación de la calidad del agua se realizó por dos vías de diagnóstico: 1) a través de la bioindicación resuelta con el Índice Biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party; incluyéndose al resto de macroinvertebrados capturados) (Paisley *et al.*, 2014; Sermeño *et al.*, 2010) y 2) por la vía tradicional, con parámetros fisicoquímicos integrados en el Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Sanidad de Estados Unidos (ICA-NSF) (Aguirre-Cordón *et al.*, 2016). Se llevó a cabo un análisis de correlaciones para datos no paramétricos de Spearman, con el objetivo de delimitar las relaciones de los componentes biológicos con los abióticos.

## Resultados y Discusión

Se colectaron un total de 3694 individuos, distribuidos en siete órdenes y 26 familias. El orden con mayor número de familias fue Diptera (23.08%), seguido de Odonata (19.23%). Los órdenes Ephemeroptera y Diptera presentaron las mayores abundancias, 54.13 y 24.51% respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribuciones descriptivas de familias de insectos acuáticos y número de individuos.

Orden	Familia	%	Abundancia	%
Coleoptera	3	11.54	31	0.84
Diptera	6	23.08	1262	34.16
Ephemeroptera	4	15.38	1892	51.22
Hemiptera	4	15.38	90	2.44
Lepidoptera	1	3.85	17	0.46
Odonata	6	23.08	145	3.93
Trichoptera	3	11.54	257	6.96
Total	26	100.00	3694	100.00

El orden Ephemeroptera es sumamente abundante (1892 individuos) precedido por los Dípteros (1262). Los efemerópteros son un grupo asociado a buenos atributos ambientales del agua, mismo que indican un muy buen estado cualitativo, situación que se contrapone notablemente con los supuestos dados a partir de la presencia de familias pertenecientes a los Dípteros, quienes se asocian a lugares poco saludables y de mala calidad de agua, contaminados con materia orgánica (Voshell, 2002; Castro-López *et al.*, 2019).

Los sitios de mayor riqueza y abundancia son CF-AS4 y CF-AS1. Los sitios excepto el sitio (CF-AS2) muestran una composición taxonómica de baja dominancia ( $\lambda = 0.21 - 0.38$ ) con una equidad moderada ( $E = 0.54 - 0.65$ ) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimadores de diversidad y abundancias por sitios.

Estimador	CF-AS1	CF-AS2	CF-AS3	CF-AS4	CF-AS5
A	22	15	14	20	9
S	1063	501	228	1667	234
Mg	3.01	2.25	2.39	2.56	1.47
H'	1.93	1.30	1.73	1.71	1.18
$\lambda$	0.21	0.47	0.23	0.25	0.38
E	0.62	0.48	0.65	0.57	0.54

Los resultados de los índices de calidad de agua y calidad del hábitat se muestran en el Cuadro 3. En ello el índice BMWP demuestra poseer un grado de sensibilidad mayor para categorizar los sitios de muestreo, supuesto dado en función de la rápida respuesta de los organismos ante los disturbios en el medio acuático (Perez-Munguia, 2007; Springer, 2010).

Cuadro 3. Puntaje y diagnóstico de calidad ambiental del agua (BMWP), de calidad de agua (ICA-NSF) y de calidad del hábitat (ICAV).

Sitio	BMWP	Diagnóstico	ICA-NSF	Diagnóstico	ICAV	Diagnóstico
CF-AS1	138.55	Muy buena	65.33	Regular	141	Subóptimo
CF-AS2	102.77	Buena	65.33	Regular	119	Subóptimo
CF-AS3	98.19	Aceptable	67.00	Regular	153	Subóptimo
CF-AS4	133.00	Muy buena	67.00	Regular	132	Subóptimo
CF-AS5	78.39	Aceptable	64.33	Regular	115	Subóptimo

A lo largo del río, el tramo estudiado, el ICA-NSF conserva un puntaje y diagnóstico consistente. Este ICA es mayormente utilizado para la categorización del agua superficial con sitios de muestreo considerablemente distantes, o bien, cuando es empleado en regiones menores demuestra generalmente una tendencia focalizada para dichos sectores (Aguirre-Cordón *et al.*, 2016). Por su parte el ICAV categoriza todas las estaciones como subóptimas, pero es posible contrastar los valores del índice con su óptimo hipotético, señalando que el sitio CF-AS1 alcanzó el 70.5%, la CF-AS2 = 59.5%, CF-AS3 = 76.5%, CF-AS4 = 66.0% y CF-AS5 = 57.5% del óptimo.

En el cuadro 4, podemos observar los coeficientes de correlación no paramétricos de Spearman muestran que existe correlación significativa entre OD, OD%, STD, Cdl e ICAV con S,  $\lambda$ , H', Mg, BMWP y ASPT. Por otra parte, los componentes abióticos; ICA-NSF, C°, pH, CE, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> y VC, y los bióticos; A y E no se correlacionan significativamente entre sí, ni con el resto de los componentes.

Cuadro 4. Coeficiente de correlación de Spearman entre los índices biológicos y variables ambientales.

	S	A	$\lambda$	H'	Mg	E	BMWP
ICA-NSF	0.113	0.294	0.047	-0.085	-0.130	-0.136	0.090
ICAV	0.478	0.098	*-0.568	*0.633	*0.556	0.203	*0.535
C°	-0.027	0.141	0.256	-0.079	-0.143	-0.149	-0.121
OD	**0.714	0.278	-0.251	0.440	*0.626	-0.044	**0.669
OD %	**0.800	0.475	-0.154	0.479	*0.582	-0.185	**0.743
pH	-0.106	-0.307	-0.193	0.041	0.147	0.186	-0.011
CE	-0.280	-0.086	0.231	-0.408	-0.386	-0.163	-0.277
STD	*-0.576	-0.095	*0.555	**-.0.731	**-.0.705	-0.205	*-0.582
NO <sub>3</sub>	0.022	-0.074	-0.207	0.114	0.114	0.018	0.005
PO <sub>4</sub>	0.345	0.301	0.022	0.224	0.181	-0.107	0.333
VC	0.222	0.288	0.082	0.138	0.098	-0.021	0.215
Cdl	**0.743	0.216	*-0.527	**0.659	**0.740	0.101	**0.693

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral) \* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral)

El OD tiene una relación positiva buena con la S ( $p < 0.01$ ) y moderada con Mg y BMWP ( $p < 0.01$  y  $p < 0.05$  respectivamente), determinando que a mayor disponibilidad de oxígeno el sistema es capaz de soportar mayor vida acuática (Barbour *et al.*, 1999; Pérez-Munguía; 2007; Springer, 2010; Yazdian *et al.*, 2014). Los STD tienen una relación negativa moderada con S, H', Mg y BMWP ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$  y  $p < 0.05$  respectivamente), y una relación positiva moderada con  $\lambda$  ( $p < 0.05$ ), revelando esto que a mayor cantidad de sólidos totales disueltos la diversidad se ve mermada y presenta comunidades con alta dominancia. Pérez-Munguía (2007) menciona que a pesar de que, como en este ensamblaje acuático existan correlaciones entre algunos componentes abióticos-bióticos, no necesariamente estarán relacionados los índices de diversidad con los parámetros ambientales.

La disponibilidad y cantidad de agua en el sistema es fundamental para la vida acuática (omitiendo obiedades) (Yazdian *et al.*, 2014), se asume que; un mayor caudal, derivado del aumento de la velocidad del agua, tiene una repercusión positiva con la diversidad; S ( $p < 0.01$ ),  $\lambda$  ( $p < 0.05$ ), H' ( $p < 0.01$ ), Mg ( $p < 0.01$ ) y BMWP ( $p < 0.01$ ).

El ICAV demuestra estar relacionado positivamente moderado con los estimadores de diversidad  $\lambda$ , H' y Mg y el índice biótico BMWP ( $p < 0.05$ ), pudiéndose asumir que; mientras mayor sea la calidad de los hábitats mayor y más diversos son los ensamblajes entre los factores abióticos y bióticos, dando como resultado comunidades más diversas, demostrando la respuesta que tienen los ríos al uso de suelo circundante (Castro-López *et al.*, 2019). Considerando que los parámetros de hábitat que evalúa este índice están estrechamente relacionados con el uso de vida acuática ya que estos potencialmente son fuente limitante para biota acuática (Barbour *et al.*, 1999).

## Conclusiones

En este estudio se colectaron un total de 3694 individuos, distribuidos en siete órdenes y 26 familias. Los estimadores de diversidad y el índice biótico calculados muestran comunidades de insectos acuáticos estables, algunas de estas con cierta dominancia y/o baja riqueza, desenvueltas en un medio físico aceptable o regular. Se conjetura que esto es efecto de la influencia de algunos parámetros ambientales y componentes del hábitat, es decir, de la calidad del agua y hábitat, demostrado por correlaciones (Spearman) estadísticamente significativas. La bioindicación de la calidad de agua demostró tener sensibilidad para diferenciar y categorizar los sitios de “aceptable” a “muy buena” calidad de agua (BMWP = 78.39 – 138.55). El diagnóstico de calidad de agua arrojado por el ICA-NSF la determinó de manera global como “regular” (64.33 – 67.00). El índice de calidad del hábitat demuestra que los sitios tienen un carácter “subóptimo” (ICAV = 115 -153).

## Literatura Citada

- Aguirre-Cordón, M. R., Vanegas-Chacón, E. A., & García-Álvarez, N. (2016). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.
- Barbour, M.T.J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Castillo, M. M., Barba-Álvarez, R., & Mayorga, A. (2018). Riqueza y diversidad de insectos acuáticos en la cuenca del río Usumacinta en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89 (Supl. dic), 45-64.
- Castro-López, D., Rodríguez-Lozano, P., Arias-Real, R., Guerra-Cobián, V., & Prat, N. (2019). The influence of riparian corridor land use on the Pesquera river's macroinvertebrate community (NE Mexico). *Water*, 11(9), 1930.
- Merritt, R.W., Cummins, K.W., Berg M.B. (2008). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Fourth edition. Kendall/Hunt. 1158 pp.
- Paisley, M. F., Trigg, D. J., & Walley, W. J. (2014). Revision of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) score system: derivation of present-only and abundance-related scores from field data. *River Research and Applications*, 30(7), 887-904.
- Pérez-Munguía, R. M. (2007). Uso de los macroinvertebrados acuáticos en el Monitoreo Ambiental de Ríos y Arroyos. En Novelo-Gutiérrez, R. & Alonso-Eguía Lis. *Simposio Internacional Entomología Acuática Mexicana: Estado Actual de Conocimiento y Aplicación*. 2007.
- Sermeño-Chicas, J.M., Pérez, D., Muños-Aguilón, S.M., Serrano-Cervantes, L., Rivas-Flores, A.W. & Monterrosa-Urias, A.J. (2010). Metodología estandarizada de muestreo multi- hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red “D” en ríos de El Salvador, Proyecto Universidad del El Salvador (UES) Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador, 26p.
- Springer, M. (2010). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(Suppl. 4), 53-59. ISSN-0034-7744.
- Yazdian, H., Jaafarzadeh, N., & Zahraie, B. (2014). Relationship between benthic macroinvertebrate bio-indices and physicochemical parameters of water: a tool for water resources managers. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1), 1-9.

## **DIVERSIDAD DE AVES EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “PARQUE ESTATAL CAÑÓN DE FERNÁNDEZ”, LERDO DURANGO, MÉXICO.**

Claudia Ivette Corrales Arellano <sup>1\*</sup>, Gabriel Fernando Cardoza Martínez<sup>1</sup>,  
Juan Carlos Herrera Salazar<sup>1</sup>, Josué Raymundo Estrada Arellano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad S/N, Fracc. Filadelfia, C.P. 35010 Gómez Palacio, Durango, México. \*Autor de correspondencia: a.ivette764@gmail.com.

### **Introducción**

Los humedales constituyen el hábitat de numerosas especies de animales y plantas (Dugan1990), muchas de las cuales se encuentran actualmente amenazadas como consecuencia, entre otras cosas, la destrucción o modificaciones de sus hábitats (Blanco 1999). Las aves constituyen unos de los componentes más característicos de la fauna que habita los humedales (Blanco 1999, Weller 1999). Muchas de estas hacen uso de los humedales en ciertas épocas del año para cubrir una determinada etapa de su ciclo anual (e.g., nidificación y reproducción) representando importantes áreas de concentración durante la migración de diferentes especies. Por otra parte, las aves son un grupo ecológicamente importante ya que desempeñan diversas y complejas funciones en la dinámica natural de los ecosistemas, además de considerarse como un grupo indicador de la salud del ecosistema; los cambios en sus poblaciones reflejan cambios en los hábitats (Gergory *et al.*, 2003, Peck *et al.*, 2014,).

### **Materiales y Metodos**

Para caracterizar la comunidad de aves se aplicaron transectos en franja, al azar en la zona de estudio y donde realizarán transectos de 100 m de longitud con 50 m de ancho con una separación de 250 m cada transecto (Wunderle, 1994; Ralph *et al.*, 1996; Gallina-Tessaro & López González, 2011). Los recorridos se llevaron a cabo 30 minutos después del amanecer hasta las 10:00 de la mañana y antes del anochecer de 16:00 a las 19:00 hrs., (González-García, 2011) con una duración de cuatro días por muestreo, el inventario se llevará a cabo mediante observación directa, con binoculares (10 x 50 mm) y fotografías de los individuos para su posterior identificación en laboratorio, además, cada individuo y sitio de muestreo se georreferenciarán con un receptor GPS. La identificación de las aves se realizará mediante guías ilustradas de Kaufman, 2005; Peterson y Chalif, 1989; Sibley, 2001 y la nomenclatura a utilizar será de acuerdo con la American Ornithological Society (AOS) (Gómez & Robinson, 2014 y Larios *et al.*, 2017). El grado de vulnerabilidad de cada especie se otorgarán de acuerdo con lo establecido por la Nom-059-Semarnat-2010 y por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2021).

## Resultados y Discusión

La avifauna registrada para el Cañón de Fernández fue un total de 29 familias, 51 géneros y 59 especies, lo que representa el 13.72 % del total registrado para el estado de Durango (Arrieta *et al.*, 2017), las familias con mayor riqueza fueron Anatidae y Tyrannidae (siete especies), seguida Accipitridae, Ardeidae, Picidae y Scolopacidae (tres especies), el resto de las familias presentaron de 2 a un solo registro (ver figura 1). Del total de las especies, 19 son residentes, 15 son migratorias de invierno, 1 migratoria de verano, 2 son transitorias, considerando que los humedales son un hábitat importante para las aves migratorias de América del Norte durante la época de invierno ya que son usados para alimentación, descanso y reproducción (Gallardo *et al.*, 2004).

Por otra parte, *Empidonax wrightii* es la única especie semiendémica, así como *Passer domesticus* como especie exótica registradas para el área. Según Arrieta *et al.*, (2017), el estado de Durango posee 49 especies de aves en alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 sin embargo, para el Cañón de Fernández solo 7 de las especies registradas se encuentran dentro de esta norma de las cuales 2 especies se encuentran como Amenazadas y 5 bajo Protección especial y según la IUCN (2021), tres de las especies se encuentran casi amenazadas (NT).

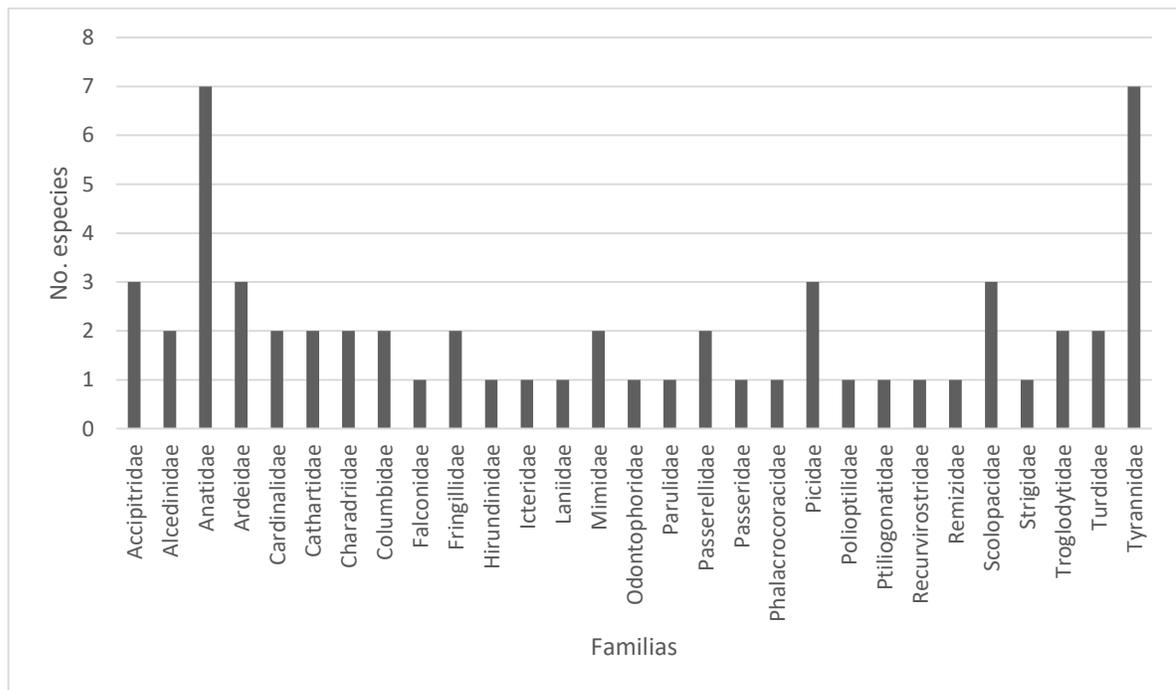


Figura 3. Familias de aves presentes en el Cañón de Fernández.

## Conclusión

Aun cuando la conservación y el manejo de las aves requiere de información detallada sobre sus parámetros de diversidad y abundancia (Remsen, 1994), pocos son los estudios locales dentro del estado de Durango en especial en la región laguna. Esta información, es crucial para el esclarecimiento de los procesos ecológicos de la comunidad de aves de esta región, así como para su aplicación en acciones prácticas para su conservación, más aún cuando los humedales han sido identificados desde el punto de vista avifaunístico como prioritarios para su conservación a nivel nacional e internacional donde son considerados como mosaicos, y las aves raramente se encuentran distribuidas uniformemente, (Álvarez & Morrone, 2004; Dugan 1990), debido a la alta riqueza y endemismo que presentan.

## Literatura Citada

- Alvarez, M. E. & J. J. Morrone. 2004. Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia*. 29: 112-120.
- Arrieta, L. I. R. enter a-Arrieta, I. y E. Montiel-Antuna. 2017. Diversidad de especies. En: La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado. Conabio, México, pp. 459-474.
- Blanco DE (1999) Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Pp. 208-217 en: Malvárez AI (ed) Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. ORCYT-UNESCO, Montevideo
- Dugan, P. J. (ED). 1990. Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. IUCN. Gland, Switzerland.
- Gallardo D., J.C., E. Velarde-González, A.R. Arreola. 2004. Aves del Golfo de México y las áreas prioritarias para su conservación. Pp. 301-322. En: Pisanty, M.I., E. Ezcurra
- Gallina T. S., & C. G. López (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro e Instituto de Ecología, AC México. 390p.
- Gómez, J. P., & Robinson, S. K. (2014). Aves del bosque seco tropical de Colombia: las comunidades del valle alto del río Magdalena. *El bosque seco tropical en Colombia*, 95-128.
- González-García, F. (2011). Métodos para contar aves terrestres. Manual de técnicas para el estudio de la fauna, 1, 128-147.
- Gregory, R.D., D. Noble, R. Field, J. Marchant, M. Raven, D.W. Gibbons. 2003. Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis Hungarica* 12-13:11-24.
- IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 04 September 2021.
- Larios-Lozano, O., Valencia-Herverth, J., Bravo-Cadena, J., Guzmán-Arias, E., & Ortiz-Pulido, R. (2017). Aves del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(4), 944-959.
- Navarro-Alberto, J.A., J.L. Leirana-Alcocer, S.F. Hernández-Betancourt, L.L. Guerrero-González. 2016. Palomas (Columbidae), pájaros carpinteros (Picidae) y colibríes (Trochilidae) como indicadores de sucesión en la selva baja de Dzilam, Yucatán, México. *Huitzil* 17(1):1-7 doi: <http://dx.doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.1.213>.
- Peck, M.R., S.T. Maddock, J.N. Morales, H. Oñate, P. Mafla-Endara, V. Aguirre, O. Torres Carvajal, W.E. Pozo-Rivera, X.A. Cueva-Arroyo, B.A. Tolhurst. 2014. Cost-effectiveness of using small vertebrates as indicators of disturbance. *Conservation Biology* 28:1331-1341. doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.12373>.
- 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. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Remsen, J. V. 1994. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *Auk* 111: 225-227.
- Weller Mw (1999) Wetlands birds: habitat resources and conservation implications. Cambridge University Press, Cambridge
- Wunderle, J.M., Jr. 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report SO-100. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana.

## EFFECTO DEL RIEGO Y ALMACENAMIENTO EN EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN TUNA ROJA LISA

Raquel Karina Cruz-Bravo<sup>1\*</sup>, Jorge Zegbe-Domínguez<sup>1</sup>, Valentín Melero-Meraz<sup>1</sup>,  
INIFAP Campo Experimental Zacatecas<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: cruz.raquel@inifap.gob.mx

### Introducción

La tuna se denomina tuna al fruto del género *Opuntia* (familia *Cactaceae*) y México es uno de los centros de origen y dispersión de este género, que por su gran diversidad de especies y cultivares es uno de los recursos vegetales más importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas. Igualmente, este país es el principal productor de tuna a nivel mundial debido a su gran variedad agroclimática. En el Altiplano del territorio nacional se encuentran las principales áreas productoras de tuna, particularmente en los estados de Zacatecas, México, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla bajo condiciones silvestres y de cultivo (Flores *et al.*, 1995). Debido a su alto contenido de fibra y polifenoles, se le considera un alimento funcional. También se ha reportado que su consumo puede ayudar a reducir la glucosa sanguínea y los niveles de colesterol sérico (Stintzing *et al.*, 2001). Además de estas propiedades, también se le conoce por su uso medicinal, químico, industrial, ecológico, entre otros (Amaya-Robles, 2009; Hmamou *et al.*, 2012). En términos generales, la tuna se puede encontrar en una amplia gama de colores, que puede variar desde el blanco, amarillo, naranja, rojo y púrpura. Dicha coloración está determinada por la presencia de pigmentos, entre los cuales se encuentran las betalaínas (Stintzing *et al.*, 2005). Desde el punto de vista comercial, el precio de la tuna puede disminuir drásticamente por diversos factores, por lo cual, es importante considerar la necesidad de evaluar condiciones de riego y de almacenamiento poscosecha de los frutos para determinar no solamente su vida de anaquel, sino la posibilidad de utilizar estos tratamientos para la obtención de compuestos con potencial nutracéutico ante la necesidad de aumentar la rentabilidad de la tuna mediante productos agroindustriales de alto valor agregado. Es por ello que en este estudio se evaluó el efecto de suministro hídrico y tres condiciones de almacenamiento de los frutos de tuna de la variedad Roja Lisa en el contenido de fenoles totales.

### Materiales y Métodos

Los frutos de tuna Roja Lisa fueron manejados agronómicamente durante el año 2020 por el laboratorio de Fisiología Poscosecha del INIFAP Zacatecas de la siguiente manera: se usó dos tratamientos de riego: sin riego o temporal como testigo y riego suplementario. El riego se aplicó según el criterio del productor, sin embargo, la cantidad de agua aplicada se estimó con las tres cuartas partes del área de la planta, aforo de sistema de riego y el tiempo empleado en el riego. Una vez que las tunas llegaron al punto de maduración adecuada, se cosecharon seis frutos por cada una de las cuatro repeticiones para cada condición hídrica

utilizada durante el manejo agronómico y de almacenamiento manejada en este estudio, los cuales fueron: temperatura ambiente ( $24 \pm 1$  °C y  $37 \pm 8$  % de humedad relativa por 35 días) y cámara fría (refrigeración) ( $10$  °C y  $95$  % de humedad relativa) durante 112 días. Se realizó la remoción de las espinas, cáscara y, posteriormente, se licuó la pulpa para separar las semillas y obtener el jugo de tuna, el cual fue envasado en viales estériles protegidos de la luz a  $-80$  °C hasta su análisis. Posteriormente, se cuantificó espectrofotométricamente el contenido de fenoles totales en el jugo de las tunas como sigue: se tomó  $100$   $\mu$ L de jugo de tuna centrifugada para remover los sólidos. En un vial protegido de la luz, se adicionó  $1$  mL de acetona acidificada, se homogenizó y se incubó durante 24 horas a temperatura ambiente y con agitación. Posteriormente, se realizó la reacción para cuantificar el ácido gálico de acuerdo a lo descrito por Singleton *et al.*, 1999 y Dewanto *et al.*, 2002, y se determinaron las absorbancias a  $765$  nm. Los resultados se interpolaron a una curva de calibración y se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por mL de muestra y se analizaron con el paquete estadístico JMP versión 10.1

## Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presenta el efecto del manejo del almacenamiento en diferentes condiciones sobre el contenido de fenoles totales (ácido gálico) en el jugo de tunas de la variedad Roja Lisa. Como puede observarse, después de conservar los frutos durante 112 días a una temperatura de refrigeración ( $10$  °C y  $95$  % de humedad relativa), se presentó un mayor contenido de fenoles totales, seguido del almacenamiento a temperatura ambiente ( $24 \pm 1$  °C y  $37 \pm 8$  % de humedad relativa por 35 días) y, por último, en las tunas recién cosechadas se presentó la menor cantidad de estos compuestos. Aunque de manera general, el contenido fenólico de tuna Roja Lisa es mayor con relación a cosechas anteriores (Cruz-Bravo *et al.*, 2019), esta tendencia respecto al almacenamiento es consistente a lo previamente reportado (Cruz-Bravo *et al.*, 2019). El aumento de fenoles puede deberse al control en la pérdida de masa y a un bajo déficit en la presión de vapor del fruto a bajas temperaturas (Cruz-Bravo *et al.*, 2019), lo cual resulta benéfico si se busca incrementar el rendimiento en la extracción de estos compuestos nutraceuticos.

Cuadro 1. Efecto del almacenamiento en el contenido de fenoles totales en jugo de tuna.

Tratamiento	Fenoles totales
Recién cosechadas	$15.28 \pm 0.27b$
Temperatura ambiente	$14.05 \pm 0.27c$
Refrigeración	$16.37 \pm 0.27a$

Los resultados se expresan como mg equivalentes de ácido gálico por mL de jugo y se presentan como la media  $\pm$  el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

Por otra parte, se determinó el contenido de fenoles totales en tunas provenientes del manejo hídrico del nopal bajo temporal y riego suplementario (Cuadro 2), donde puede observarse que no hubo una influencia de las condiciones hídricas del cultivo sobre estos

compuestos, por lo que, en este caso, el gasto en riego puede ser innecesario para modificar el rendimiento de fenoles a partir del jugo de tuna.

Cuadro 2. Efecto del riego en el contenido de fenoles totales en jugo de tuna.

Tratamiento	Jugo (ml)
Temporal	15.26 ± 0.22a
Riego	15.20 ± 0.22a

Los resultados se expresan como mg equivalentes de ácido gálico por mL de jugo y se presentan como la media ± el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba *t* de Student,  $\alpha = 0.05$ .

## Conclusiones

Con base en los resultados que se muestran en el presente trabajo, se puede inferir que, a diferencia del suministro hídrico durante el cultivo de tuna Roja Lisa, las condiciones de almacenamiento sí tuvieron un efecto en el contenido de fenoles totales respecto a los frutos recién cosechados, siendo la refrigeración, la que más favoreció el rendimiento o cantidad de estos compuestos antioxidantes en el jugo de tuna. Por lo tanto, invertir en esta condición de almacenamiento en el manejo poscosecha de los frutos es importante para la obtención de extractos o productos nutraceuticos de alto valor agregado.

## Literatura Citada

- Amaya-Robles, J.E. 2009. El cultivo de tuna, *Opuntia ficus indica*. Gerencia Regional Agraria La Libertad, Trujillo-Perú. 2009, 18p.
- Cruz-Bravo, R.K.; Guzmán-Maldonado, S.H.; Araiza-Herrera, H.A.; Zegbe, J.A. Storage alters physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant capacity of cactus pear fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 2019, 150, 105–111.
- Dewanto, V.; Wu, X.; Adom, K.; and Lui, R. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50:3010-3014.
- Flores, V. C. A. y Gallegos, V. C. 1995. La producción de tuna en México. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. P. 174-178.
- Hmamou, D. Ben; Salghi, R.; Bazzi, Lh.; Hammouti, B.; Al-Deyab, S. S.; Bammou, L.; Bazzi, L.; Bouyanzer, A. 2012. Prickly Pear Seed Oil Extract: A Novel Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl Solution. *International Journal of Electrochemical Science.* 7: 1303-1318.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods enzymol.* 299: 152-178.
- Stintzing, F.C.; Schieber, A.; Carle, R., Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology.* 212(4): 396-407, 2001.
- Stintzing, F.C.; Herbach, K.M.; Moßhammer, M.R.; Carle, R.; Yi, W.E., Sellappan, S.; Akoh, C.C.; Bunch, R.; Felker, P., Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* sp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442-451, 2005.

## ESCORRENTÍAS EN UNA MICROCUENCA DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

Héctor R. Garduño<sup>1</sup>, Federico Villarreal<sup>2</sup>, Carlos G. Ochoa<sup>3</sup>, Nathalie S. Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <sup>2</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. <sup>3</sup> Oregon State University, College of Agricultural Sciences, Ecohydrology Laboratory.

### Introducción

A nivel mundial, las zonas áridas y semiáridas ocupan entre el 40 y 41% de la superficie terrestre (Diffenbaugh et al. 2008; Reynolds et al. 2007). Estos ecosistemas se caracterizan por estar compuestos de arbustivas y suelos carentes de herbáceas entre arbustos (Gibbens y Beck, 1988). Como resultado, la hidrología se ve afectada ya que las escorrentías y pérdida de suelo tienden a aumentar debido a la carencia de vegetación (Howes y Abraham, 2003). El desierto Chihuahuense ocupa una extensión de 507,000 km<sup>2</sup> (Granados-Sánchez et al. 2011), el 40% del desierto ocupa la región de Trans-Pecos (E.U), parte oriental del estado de Chihuahua, Coahuila y parte de Durango (Brown, 1982). El desierto Chihuahuense se caracteriza por las lluvias de verano (julio a septiembre) el cual tiene una amplia variación en espacio y tiempo (Higgins y Shi, 2000). Este tipo de ecosistemas presentan lluvias de alta intensidad y corta duración el cual provoca escorrentías de tipo Horton (Horton, 1933) debido a que la lluvia es mayor a la tasa de infiltración. El objetivo del presente trabajo fue analizar las escorrentías provocadas por lluvia de alta intensidad y corta duración mediante la simulación de lluvia en una microcuenca del desierto Chihuahuense.

### Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el rancho El Roble dentro de una microcuenca ubicada en la parte norte del estado de Chihuahua, en el municipio de Ahumada. El clima es tipo desértico con temperatura media anual desde los 12° C a los 18° C y precipitación de 100 a 400 mm con una altitud sobre el nivel del mar de los 1486 a los 1766 m. El sitio experimental, se encuentra sobre una capa geológica de tipo aluvial, con roca sedimentaria. La vegetación está conformada mayormente por Gobernadora (*Larrea tridentata*), Mezquite (*Prosopis glandulosa*) y Cactáceas.

La determinación de escorrentía se realizó mediante la simulación de lluvia en junio de 2021 donde se eligieron dos sitios al azar. Dentro de cada sitio, se eligieron al azar cuatro puntos donde se realizaría el experimento. La simulación constó de un tripié metálico con extensión de hasta 3 metros de altura. En la parte superior del tripié, se utilizó un manómetro con el fin de medir la presión del agua al momento de realizar el experimento. También se utilizó un aspersor tipo ¼ G10 (Spraying Systems Co., Wheaton Illinois) con el fin de simular la gota de agua al de lluvia natural.

La altura del aspersor al piso fue de 2 m con el fin de simular una lluvia de corta duración y alta intensidad. Debajo del aspersor, se colocó un anillo de escurrimientos de metal de un metro de diámetro mediante la ayuda de un durmiente de madera y marro para poder insertar al menos 5 cm de profundidad. De esta forma, se evita pérdida de agua del anillo de escurrimientos. El anillo cuenta con una charola donde se colectaron los escurrimientos, posteriormente se recolectaron en una cubeta de 20 L. Cada 5 minutos, se recolectó todo el escurrimiento y se midió (mm) hasta completar la corrida de 30 min. Este procedimiento se realizó a humedad antecedente (antes de realizar la simulación) y a capacidad de campo (24 h después de la primera simulación).

La simulación de lluvia duró 30 min con el fin de representar una lluvia de  $90 \text{ mm h}^{-1}$  con un período de retorno de 50 años para el sitio de estudio. La intensidad de lluvia se determinó antes de realizar la simulación en el mismo anillo mediante el uso de una lona impermeable para cubrir el anillo y dejar por 5 min a 10 PSI. Inmediatamente después, se recolectó toda el agua y se determinó la intensidad de lluvia ( $\text{mm h}^{-1}$ ). La infiltración ( $\text{mm h}^{-1}$ ) se determinó mediante la diferencia de lluvia y escorrentías.

El análisis estadístico consistió de un Modelo Linear General (GML por sus siglas en inglés) mediante el uso de SAS 9.3. La variable dependiente fue escorrentía ( $\text{mm h}^{-1}$ ) y las variables independientes fueron pendiente (%), humedad antecedente y capacidad de campo. El valor asignado de  $P \leq 0.05$ . Debido a la variabilidad lluvia dentro de cada sitio, los datos analizados se convirtieron a proporción (total de escurrimientos dividido por el total de lluvia) para cada repetición y sitio. Sin embargo, los datos presentados están en  $\text{mm h}^{-1}$ .

## Resultados y Discusión

El rango de precipitación fue de 39.02 al 63.48  $\text{mm h}^{-1}$  con una duración de 30 min con un promedio por sitio del 45.26 al 54.33 (Cuadro 1). Este rango se encuentra en las Isoyetas de intensidad para el estado con un período de retorno de 50 años con una duración de 90 min ( $39.02 \text{ mm h}^{-1}$ ) y 60 min ( $63.48 \text{ mm h}^{-1}$ ) (SCT, 2015). La pendiente fue del 3 al 15.5%, sin embargo, ésta fue más pronunciada en la estación sur comparada con la estación norte (Cuadro 1). No se observaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) con respecto a las escorrentías en los dos sitios con dos tipos de humedad en el suelo. La escorrentía fue menor a  $1 \text{ mm h}^{-1}$  cuando se realizó la simulación en condición de humedad antecedente y fue mayor de  $2.5 \text{ mm h}^{-1}$  cuando el suelo estaba a capacidad de campo (Cuadro 1). Por otra parte, la tasa de infiltración fue de más del 90% del total de la precipitación (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro 1. Variables de simulación de lluvia.

Estación	Humedad*	Escorrentía ( $\text{mm h}^{-1}$ )	Infiltración ( $\text{mm h}^{-1}$ )	Precipitación ( $\text{mm h}^{-1}$ )	Pendiente (%)
Sur	Ant	0.34	54.00	54.33	10.88
Norte	Ant	0.93	49.50	50.43	4.13
Sur	Cc	2.96	42.72	45.68	10.88
Norte	Cc	4.80	40.46	45.26	4.13

\* Ant = antecedente, Cc = capacidad de campo.

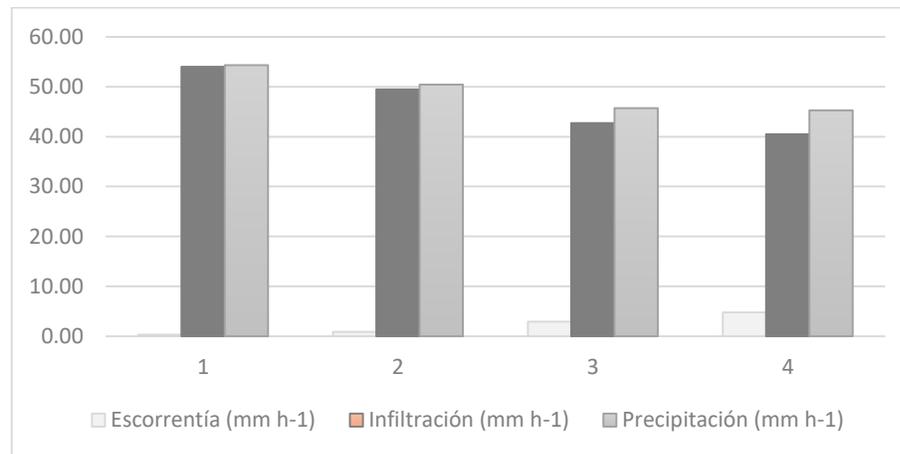


Figura 1. Comparación de variables de simulación de lluvia.

## Conclusiones

Las escorrentías no mostraron ninguna diferencia cuando la humedad del suelo es antecedente o a capacidad de campo. Es decir, el tipo de tormenta simulada con un período de retorno de 50 años, ya sea de 60 o 90 min de duración, provocaría escorrentías sin ninguna diferencia entre los sitios de estudio y humedad en el suelo. La infiltración reportada es mayor al 90% del total de una tormenta, lo cual indica que los sitios de estudio podrían ser favorables para la percolación de agua con probabilidad de contribuir al manto freático y la litología del sitio. Sin embargo, aún es incierto tal probabilidad de contribución al manto freático debido a que la infiltración fue solo determinada como la diferencia de dos variables (escorrentía – precipitación) y no medida directamente (anillo de infiltración o infiltrómetro de disco). En el futuro se realizarán más simulaciones de lluvia en otros sitios dentro del área de estudio para tener un mejor conocimiento de la formación de escorrentías, así como mediciones directas de infiltración dentro de una cuenca cerrada en el desierto Chihuahuense.

## Literatura Citada

- Brown, E. 1982. Chihuahuan desert scrub. *Desert Plants* 4: 2110.
- Diffenbaugh, N.S., Giorgi, F., Pal, J.S., 2008. Climate change hotspots in the United States. *Geophys. Res. Lett.* 35.
- Gibbens, R.P., Beck, R.F. 1988. Changes in grass basal area and forb densities over a 64-year period on grassland types of the Jornada Experimental Range. *Journal of Range Management* 41, 186– 192.
- Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados Victorino, R.L., Borja de la Rosa, A. 2001. Ecología de la vegetación del desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.* 111-130, 2011.
- Higgins, R.W., Shi, W., 2000. Dominant factors responsible for the interannual variability of the summer monsoon in the southwestern United States. *J. Clim.* 4, 759:776.
- Horton, R.E., 1933. The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Transactions of the American Geophysical Union* 14, 446– 460.
- Reynolds, J.F., Smith, D.M.S., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., Downing, T.E., Dowlatabadi, H., Fernández, R.J., Herrick, J.E., Huber- Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lynam, T., Maestre, F.T., Ayarza, M., Walker, B., 2007. Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316, 847–851.
- SCT, 2015. Isoyetas de intensidad de lluvia (mm/h). Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## ENVEJECIMIENTO ACELERADO EN SEMILLAS DE *Ferocactus pilosus*

Layla F. Chacon Delgado<sup>1</sup>, Víctor M. Villanueva-Coronado<sup>2</sup>, Mario E. Vázquez-Badillo<sup>2, 3</sup>,  
Olga L. Rumayor-Rodríguez, <sup>3</sup>Eglantina Canales-Gutiérrez, Adriana Antonio-Bautista<sup>4\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencias Básicas. <sup>2</sup>Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista Saltillo Coahuila C.P 25315. <sup>3</sup>Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado De Coahuila, Saltillo Coahuila. CP2500. <sup>4</sup>CINVESTAV-UNIDAD Saltillo, Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Ramos Arizpe, Coahuila C.P 25900. \* Autor de correspondencia: adis\_anba@hotmail.com

### Introducción

México es considerado el principal centro de diversidad de la familia *Cactaceae*, ya que alberga alrededor de 63 géneros y 669 especies en el territorio mexicano (Guzmán *et al.*, 2003). Siendo las regiones áridas y semiáridas del país, particularmente en la porción sureste del Desierto Chihuahuense donde se encuentra la mayor distribución (Hernández y Bárcenas, 1996).

Las cactáceas juegan un papel importante en el ámbito biológico, cultural y económico sobre todo para aquellas comunidades rurales (Ortega, 2007). La familia *Cactaceae* destaca ya que presenta el mayor número de taxones con alguna categoría de riesgo en la lista de la NOM-059-ECOL-2010 con 272 especies y subespecies (Vázquez, *et al.*, 2016). *Ferocactus pilosus* es una cactácea simple o cespitosa, con tallos columnares de hasta 3 m de altura y 50 cm de diámetro (Romero *et al.*, 2017). *Ferocactus pilosus* es una especie que se está en lista como "sujeta a protección especial (Pr)" en la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) debido a daños en sus poblaciones por sobrepastoreo, extracción ilegal, aprovechamiento de la inflorescencia y el cambio del uso del suelo (Chávez *et al.*, 2007).

La viabilidad y germinación de las semillas permiten la prevalencia de las especies, la latencia de las semillas y su longevidad de estas determina parcialmente las etapas importantes (Guillen *et al.*, 2014). Estudios previos han demostrado que la germinación de las semillas puede variar debido al tiempo de almacenamiento, es por ello que el objetivo de la siguiente investigación fue someter las semillas de *F. pilosus* a envejecimiento acelerado y el efecto sobre la germinación de las semillas.

### Materiales y Métodos

El material biológico fue colectado en 15 plantas seleccionadas al azar de una población natural, del Ejido Cuauhtémoc, municipio de Saltillo, Coahuila, México (25°14'23.95"N, 101° 3'38.14"O). Posteriormente fueron llevados al laboratorio de producción y almacenamiento de semillas de la UAAAN, para la extracción de semillas, se colocaron en una estufa de secado a 30°C por 12 horas posteriormente se llevó a cabo un macerando en seco del fruto y se eliminó el mucilago seco con un soplador de semillas.

El envejecimiento acelerado fue inducido a lotes de 400 semillas, se envolvieron en una malla de tela y fueron suspendidos con listones a un centímetro de separación del nivel de agua destilada, se utilizaron vasos de precipitado de 200 ml y se le agregaron 100 ml de agua destilada después fueron sellados con plástico y cinta adhesiva generando un humedad relativa de 85 a 100%, se aplicaron tres tratamientos para el deterioro de semillas: tiempo cero y temperatura ambiente de 26 °C como testigo (0, días); tiempo de 24 h (1 día), 48 h (2 días) y 72 h ( 3 días), a una temperatura constante 45 °C. Posteriormente fueron llevadas a un análisis de germinación se tomaron al azar 400 semillas para realizar la prueba de germinación en cuatro repeticiones de 100 semillas, se pusieron en cajas Petri con papel filtro húmedo y posteriormente fueron llevadas a una cámara de germinación calibrada con 12 horas de obscuridad y 12 horas de luz, se tomaron datos a los 14 días posteriores a la siembra, las variables a evaluar fueron número de semillas germinadas (SG), Semillas Duras (SD) y Semillas Muertas (SM), éstas variables fueron tomadas de acuerdo a ISTA (2008).El experimento se llevó mediante un diseño completamente al azar. El análisis se realizó bajo el lenguaje y ambiente de computo estadístico R (R Core Team, 2020).

## Resultados y Discusión

El análisis de varianza muestran que para las variables SG, PA, SD y SM en los cuatro tiempos de envejecimiento acelerado es altamente significativo ( $\leq 0.01$ ), y se observa que la germinación de las semillas se disminuye cuando es sometida a 72 h de envejecimiento, la comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ), figura 1 muestra que cuando las semillas fueron sometidas a 24 y 48 h de envejecimiento no hay diferencias para las variables evaluadas ya que forman un mismo grupo estadístico, sin embargo a las 72 h de envejecimiento se observó que el porcentaje de germinación de 80.17%, siendo más bajo que el que se presentó a los cero días de envejecimiento de 90.71 %, además se presenta un aumento en el porcentaje de producción de plántulas anormales 17.03 % y semillas muertas 6.5 %, con respecto a producción de semillas muertas y semillas duras no existe diferencias ya que forman un solo grupo estadístico a los tres tiempos de envejecimiento, lo que quiere decir es que para semillas *F. pilosus* se comporta como una semilla ortodoxa que mientras es almacenada a condiciones de alta humedad relativa y alta temperatura la calidad fisiológica de semilla comienza a disminuir a partir de las 72 h de almacenamiento, esto coincide con lo observado por (Campos y Ordoñez, 2019) en *Ferocactus flavovirens* donde el porcentaje de germinación fue afectado negativamente conforme incrementa de la humedad relativa y/o el periodo de almacenamiento bajo condiciones de alta humedad y de temperatura.

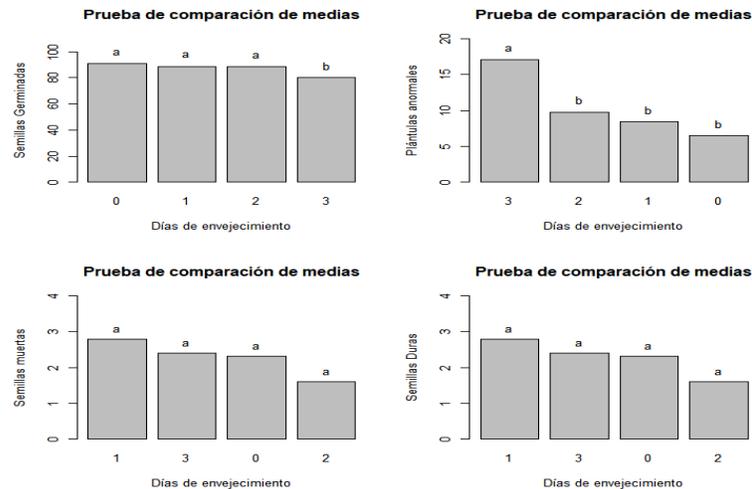


Figura 1. Comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ) para las variables evaluadas en semillas de *Ferocactus pilosus*, sometidas a tres tiempos de envejecimiento acelerado (Las medias con la misma letra indican que no son significativamente diferentes.)

## Conclusiones

Las semillas de *Ferocactus pilosus* al ser sometidas a condiciones de alta temperatura y alta humedad relativa comienza a perder su capacidad germinativa. Si las semillas de *Ferocactus pilosus* son almacenadas bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura, la calidad fisiológica se verá afectada a partir de las 72h al producir un porcentaje alto de plántulas anormales.

## Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado por su valioso apoyo y colaboración en la obtención del material biológico y obtención de datos durante la realización de la investigación.

## Literatura Citada

- Campos-Vázquez Selene<sup>1</sup>; Ordoñez-Salanueva César A2. 2019. Caracterización de la longevidad potencial de las semillas de *Ferocactus flavovirens* (Scheidw.) Britton & Rose. Avances Internacionales de Cactáceas y Suculentas Manejo y Conservación ante el Cambio Global.
- Chávez-Martínez, R. J., J. G. Hernández-Oria, E. Sánchez-Martínez. 2007. Documentación de Factores de amenaza para la flora cactológica de semidesierto queretano. Bol. Nakari 18(3): 84-95.
- Godínez-Álvarez, H., P. Ortega-Baes. 2007. Mexican cactus diversity: environmental correlates and conservation priorities. Boletín de la Sociedad Botánica de México 81: 81-87.
- Guzmán U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 315 p.
- Hernández, H.M. y R.T. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and conservation. Conservation Biol. 10(4): 1200-1209.
- Romero-H. M. E., C. B. Peña-Valdivia, R. García-N., H. Campos. 2017. Efecto de la restricción de agua edáfica en el potencial de agua y acidez diurna y nocturna de *Ferocactus histrix* y *F. pilosus*. Polibotánica (44): 167-183.

## METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DEL CRECIMIENTO DE LA NOCHEBUENA

Mariana de J. Marcial-Pablo, Sergio I. Jiménez-Jiménez, José A. Urrieta-Velázquez

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA) del INIFAP, Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México. \* Autor de correspondencia: marcial.marianadejesus@inifap.gob.mx

### Introducción

El control de altura en la nochebuena es fundamental para producir un cultivo de alta calidad. La producción de nochebuena requiere que la planta alcance alturas determinadas dependiendo del tamaño del contenedor en el cual se produce (Clifford et al., 2004). El control de altura implica la regulación de la altura sin comprometer la calidad de la planta. Cada planta tiene un potencial de crecimiento; la forma en que se maneja el crecimiento y el medio ambiente afecta la capacidad de una planta para alcanzar su altura potencia. El control de la altura en macetas puede ser un gran desafío, resulta difícil para los productores de nochebuena. Los productores comerciales deben producir plantas que cumplan con las especificaciones de altura del mercado; de lo contrario, las plantas tendrán un valor más bajo, serán más caras de enviar o serán totalmente imposibles de vender.

Un método para regular la altura de planta ha sido mediante diferentes niveles de estrés por sequía, lo cual afecta la altura de planta y los días a floración, dependiendo de la etapa de desarrollo en que se aplique la sequía (Gilbertz et al., 1984). El estrés de humedad reduce la altura de planta hasta en 50%, pero asimismo disminuye el diámetro de las inflorescencias, lo que tiene un efecto negativo en la comercialización (Hartley, 1992). La elongación del tallo también puede modificarse aplicando estrés por nutrimentos, en particular nitrógeno, pero tiene el inconveniente de afectar el tamaño y color de las hojas y brácteas, produciendo plantas menos atractivas (Ku & Hershey, 1996). Los reguladores de crecimiento de mayor uso para disminuir el tamaño de la planta de nochebuena son aquellos que disminuyen el alargamiento de los brotes (Pérez-López et al., 2005), la aplicación inadecuada de los reguladores de crecimiento puede afectar el tamaño de brácteas, aspecto de calidad. Por lo tanto el objetivo del estudio es presentar una metodología para determinar la altura de las plantas de nochebuena de forma espacial y temporal, que ayude al control de la curva de crecimiento (altura objetivo).

### Materiales y Métodos

#### *Establecimiento del cultivo*

El estudio se llevó a cabo dentro de uno de los invernaderos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA), ubicado en Gómez Palacio, Durango a 1,139 msnm, a los 25° 31' 57" N y 103° 25' 57" O.

Se utilizaron 400 esquejes de nochebuena enraizados de cuatro cultivares (100 esquejes por cultivar): amaris hot pink, freedom red, money early, prestige red; el trasplante de nochebuena se realizó en macetas de 6.5 pulgadas de diámetro y con el fin de eliminar la dominancia apical las plantas fueron despuntadas. Se obtuvieron mediciones semanales de altura y diámetro de la planta con cinco repeticiones por muestra, además de otras variables de interés.

#### *Obtención de la altura*

Para la estimación de la altura de las plantas se adquirieron imágenes con una cámara común para fotografía Samsung ST66; con las características de la cámara se calcularon las distancias entre fotos. La cámara se colocó sobre un riel instalado a una altura de 2 m. Se colocaron 12 puntos de control (PC) distribuidos uniformemente donde se encontraban las macetas; las coordenadas de estos puntos se obtuvieron con una estación total. La restitución fotogramétrica de las imágenes se realizó en el software Agisoft Metashape versión de prueba. Los PC permiten obtener mediciones reales en el modelo digital de elevaciones (MDE) y ortomosaicos.

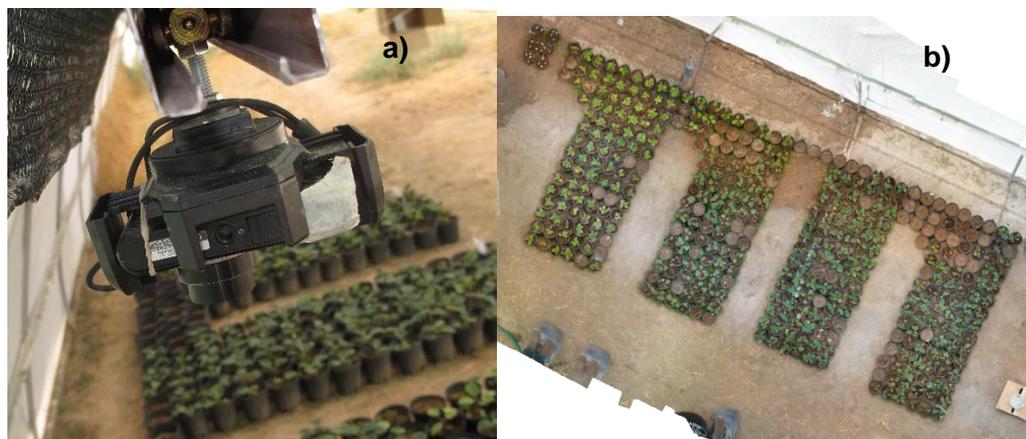


Figura 1. a) Obtención de las imágenes, b) ortomosaico de los cultivares

Estudios realizados generan los modelos de superficie del cultivo y del terreno para estimar la altura absoluta de las copas de los cultivos (Bendig et al., 2014; Bendig et al., 2013). Finalmente la altura del cultivo (AC) se calculó como la diferencias entre el modelo digital de superficie (MDS), el modelo digital del terreno (MDT) y la altura a la se trasplantó el cultivo en la maceta (AM).

$$AC = MDS - MDT - AM \quad (1)$$

Para la validación de los datos se utilizaron tres indicadores de bondad de ajuste: el error absoluto medio (MAE), la raíz del cuadrado medio del error (RMSE) y el error porcentual absoluto medio (MAPE).

## Resultados y Discusión

En la figura 2 se puede observar la altura promedio de las plantas por variedad durante su desarrollo. Los valores estadísticos se obtuvieron de manera general para las alturas analizadas; el RMSE indica que las alturas estimadas con los modelos digitales de elevación presentan una diferencia de aproximadamente 0.31 cm con respecto a las alturas medidas, el MAE resultó de 0.25 cm y un MAPE de 2.81%.

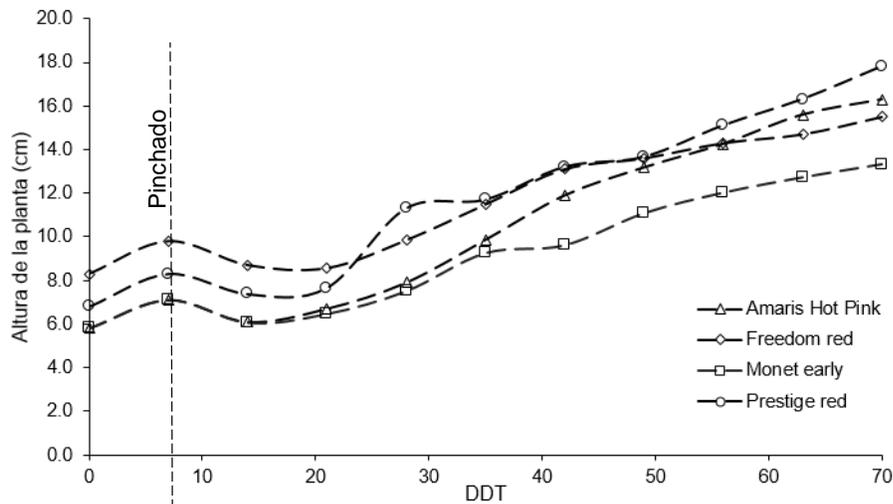


Figura 2. Altura de la planta después del trasplante.

Con la aplicación de esta metodología se permiten conocer de forma espacial el comportamiento estimado de alturas, lo que resulta de gran utilidad cuando se genera la curva crecimiento debido a que se puede aplicar el método para regular la altura en el sitio y tiempo adecuado.

La primera medida que se tomó después del pinchado fue a los 14 días después de trasplante (DDT), a partir de esta medida se obtiene la curva de crecimiento con una altura objetivo de límite superior de 40 cm y de límite inferior de 30 cm (Figura 3). Sobre la curva se colocaron los valores de las alturas estimadas para cada cultivar, con esto se puede saber a qué cultivar es necesario aplicar algún método para regular la altura, también se puede conocer si todas las plantas presentan esta disminución o aumento en la altura y poder aplicar el método en donde corresponda; lo anterior es para resaltar la importancia de la metodología para estimar las alturas.

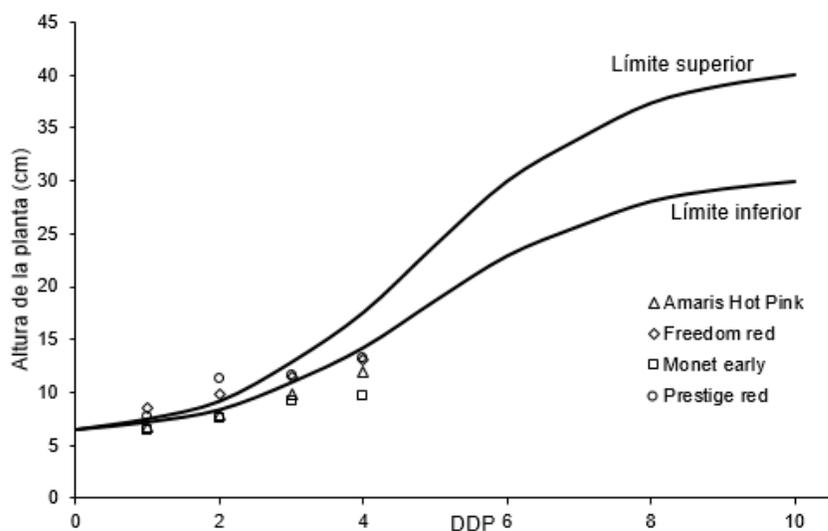


Figura 3. Curva de crecimiento de la nochebuena propuesta.

## Conclusiones

Con la metodología de la estimación de la altura a partir de las imágenes, se puede obtener la altura de cada una de las plantas y en sitios con gran extensión, permitiendo evaluar la variabilidad espacial de la altura. La altura que se obtiene presenta errores considerables (RMSE = 0.31 cm).

Conocer cómo evoluciona la altura de la planta periódicamente ayuda a manejar algún método para regular la altura cuando se es necesario, además de aplicar en el sitio exacto en el que las plantas lo requieran, evitando afectaciones a las plantas que presentan la altura adecuada.

## Literatura Citada

- Bendig, J., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J., Eichfuss, S., & Bareth, G. (2014). Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging. *Remote Sensing*, 6(11), 10395-10412.
- Bendig, J., Bolten, A., & Bareth, G. (2013). UAV-based imaging for multi-temporal, very high resolution crop surface models to monitor crop growth variability. *Photogrammetrie Fernerkundung-Geoinformation*, 2013(6), 551-562.
- Clifford, S. C., Runkle, E. S., Langton, F. A., Mead, A., Foster, S. A., Pearson, S., & Heins, R. D. (2004). Height control of poinsettia using photosensitive filters. *HortScience*, 39(2), 383-387.
- Gilbertz, D. A., Barrett, J. E., & Nell, T. A. (1984). Development of drought-stressed poinsettias. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(6), 854-857.
- Hartley, D. E. 1992. Poinsettia nutrition. In: The Poinsettia. The Journal for Poinsettia Professional. Vol. 1. Malone T. M. (ed). Encinitas, California, USA.5-10.
- Ku, C. S., & Hershey, D. R. (1996). Fertigation rate, leaching fraction, and growth of potted poinsettia. *Journal of plant nutrition*, 19(12), 1639-1652.
- Pérez-López, A., Carrillo-Salazar, J. A., Colinas-León, M. T., & Sandoval-Villa, M. (2005). Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch) con etefón. *Agrociencia*, 39(6), 639-646.

## MAPEO DE LA COBERTURA DE *Agave lechuguilla* Torr., POR MEDIO DE MODELADO DE NIVELES ESPECTRALES DE SENTINEL-2b

Enrique Buendía-Rodríguez<sup>1\*</sup>, Adrián Hernández-Ramos<sup>2</sup>, Antonio Cano-Pineda<sup>2</sup>, Jonathan Hernández-Ramos<sup>3</sup>, Juan Carlos Tamarit-Urias<sup>4</sup>, Xavier García-Cuevas<sup>3</sup>, Dora Alicia García García<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México.

<sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Saltillo. <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental Chetumal. <sup>4</sup>INIFAP-Campo Experimental San Martinito. \*Autor de correspondencia: buendia.enrique@inifap.gob.mx

### Introducción

La evaluación de los recursos forestales mediante sensores remotos ha sido de gran importancia en las últimas décadas, hasta el punto que estos conjuntos de datos son utilizados para la toma de decisiones tanto en políticas nacionales como internacionales, ya que se considera como un método alternativo para la evaluación y el monitoreo de los recursos naturales. En el ámbito forestal, proporcionan diferentes alternativas metodológicas como herramienta de apoyo en la planeación, ejecución e integración de inventarios de la vegetación y la evaluación de los servicios ambientales que prestan los bosques. Sin embargo y a pesar de la efectividad, esta tecnología solo se ha aplicado en mayor medida a bosques templados y tropicales, pero se encontraron pocos registros de su aplicación en ecosistemas semiáridos que puedan ayudar a la cuantificación de los productos forestales no maderables (Buendía-Rodríguez, 2017).

Dentro de los ecosistemas áridos y semiáridos se encuentran una gran diversidad de especies de importancia comercial no maderable, que tradicionalmente son utilizadas por los habitantes de esas zonas, con una gran variedad de usos, como: alimento, medicinales, fibras, etc. Una de estas especies es la que comúnmente denominada lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), que es utilizada por los pobladores para extraer ixtle (fibra), que es la materia prima para generar cuerdas, tapetes, brochas, cepillos, además de ser utilizado como medicinal para aminorar dolores musculares. Por lo que, se requiere localizar y cuantificar este tipo de especies, para ello, el inventario forestal se realizado de forma tradicional, representando altos costos e inversión de tiempo para esta actividad. Por lo que se requiere generar o modificar las metodologías ya existentes para emplear imágenes de satélite en la evaluación de especies de zonas áridas y semiáridas. El objetivo fue modelar la distribución espacial de la cobertura de *A. lechuguilla*, por medio de datos espectrales del sensor Sentinel-2b, como una alternativa para su evaluación.

**Palabras clave:** Lechuguilla, mapeo, sensores remotos, zonas áridas y semiáridas.

## Materiales y Métodos

**Área de estudio.** El estudio se desarrolló en una superficie de 183 ha localizadas dentro del Sitio Experimental La Sauceda del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México; en las coordenadas extremas de 25° 51' 21.98" y 25° 51' 5.30" de latitud norte y 101° 23' 10.40" y 101° 24' 33.99" de longitud oeste, con una altitud promedio de 1245 m. s. n. m. La vegetación corresponde a un matorral desértico rosetófilo, el clima es de tipo BWhw(x') (muy seco semicálido) con una precipitación anual de 200 mm; el suelo es de tipo litosol en la parte alta y Xerosol para la parte baja del área de estudio.

**Variables forestales.** Dentro del área de estudio se establecieron 32 sitios cuadrados de 400 m<sup>2</sup>, con un arreglo sistemático a una distancia de 150 m entre sitios y líneas. En cada sitio, de todos los individuos de *A. lechuguilla* se midió la variable diámetro de la cobertura (DCP). Para el cálculo de la cobertura a nivel individuo (COB, m<sup>2</sup>), se utilizó la fórmula  $\frac{(\pi * DCP)^2}{4}$  que corresponde al área de un círculo, posterior a ello, se sumaron los COB de todos los individuos para obtener valores por sitio.

**Datos espectrales e índices de vegetación.** Se obtuvo una imagen Sentinel-2b de la página <https://scihub.copernicus.eu/> (servidor de la Agencia Espacial Europea [ESA]), con un Nivel-1C de procesamiento, una resolución espacial de 10 m, espectral de 13 bandas y con fecha de captura del 11 de junio del 2020 (fecha de toma de datos en campo). La imagen fue corregida atmosféricamente mediante el procedimiento *Sen2Cor* del software SNAP® 6.0 (*Sentinel Application Platform*, por sus siglas en inglés) de la ESA. Posterior a la corrección, la imagen fue exportada del formato SENTINEL BEAM-DIMAP a Geotiff para el análisis con las variables alométricas y finalmente se georreferenció al sistema UTM zona 14N Datum WGS84. Se calcularon los Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada – con la banda Roja (NDVI-R), Vegetación de Diferencia Normalizada – con la banda Verde (NDVI-V), Índice de Vegetación Transformado (TVI), de diferencia normalizada (DVI) y de suelo ajustado (SAVI) (Rouse *et al.*, 1973). Además, se analizó la correlación con las bandas originales como: azul (490 micrometros, nm), verde (560 nm), roja (665 nm) e infrarrojo cercano (842 nm). Los valores espectrales fueron extraídos de cada banda utilizando el archivo de los sitios de muestreo georeferenciados (*shapefile*), al tomar el valor central de cada sitio. Todos los procedimientos fueron realizados en el programa QGIS® 3.20.

**Análisis estadístico.** Para determinar el grado de asociación entre los valores de las bandas espectrales del sensor Sentinel-2b, índices calculados vs cobertura (m<sup>2</sup>/ha) de *A. lechuguilla*, se aplicó la prueba de correlación de Pearson (r). Además, se construyeron tres modelos para la estimar la cobertura, el primero utilizando la variable con mayor correlación (r); el segundo y tercero, fueron el resultado del procedimiento *Stepwise (backward y forward)*, respectivamente. El ajuste estadístico se realizó mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) en el programa R versión 4.0. Los mejores modelos fueron los que presentaron el mayor valor del coeficiente de determinación ajustado (R<sup>2</sup><sub>ajustado</sub>), todos los parámetros significativos ( $\alpha < 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

El valor promedio de Cobertura ( $m^2$ ) para *A. lechuguilla* en el área de estudio fue de 1518.38  $m^2/ha$ , que representa un 15 % de cobertura, estos valores son bajos, debido a la poca densidad que presenta la especie y a la competencia con otras arbustivas como *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. y *Lippia graveolens* Kunth.

Esta variable mostró una correlación negativa con los valores de reflectancia de las cuatro bandas espectrales de la imagen satélite del sensor Sentinel-2b y una correlación positiva para los índices calculados (Cuadro 1). La más alta correlación la presentó con la banda espectral Azul con  $r=-0.54$ , seguida de la banda del espectro verde ( $r=-0.48$ ), mientras que la correlación menor fue para el índice DVI (0.29). La baja correlación entre variables, se debe a que en zonas áridas y semiáridas la vegetación presenta baja densidad y la reflectancia del albedo está influenciada por el suelo que se encuentra en mayor medida al descubierto (Muñoz, 2013). Esta tendencia negativa es congruente con la respuesta del albedo de las bandas, al disminuir la reflectancia conforme la densidad forestal aumenta, indicando mayor presencia de clorofila (Torres-Rojas *et al.*, 2016).

Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre las bandas espectrales, índices calculados de la imagen satelital del sensor Sentinel-2b y Cobertura ( $m^2/ha$ ) de *A. lechuguilla*.

	DVI	NDVI-R	NDVI-V	RS	SAVI	TVI	Azul	Verde	Rojo	Infra-rojo
<b>Cobertura (<math>m^2/ha</math>)</b>	0.29	0.44	0.46	0.40	0.44	0.45	-0.54	-0.47	0.46	-0.38

A pesar de que la banda del Azul presento la más alta correlación con la cobertura de *A. lechuguilla*, al generar el modelo de regresión presentó el valor más bajo de  $R^2_{ajustado}$  (0.2669) de los modelos probados. En cambio, los modelos generados mediante el método *stepwise*, presentaron los mejores ajustes (0.3887 y 0.4459), que además de la banda Azul fueron incluidos los índices NDVI-R, TVI y la banda Verde y la banda Roja (para el *backward*) (Cuadro 2). Lo anterior, se puede atribuir a que los índices de vegetación son sensibles a la cubierta vegetal útil para el análisis de zonas de baja densidad o cobertura vegetativa, como es el caso de este estudio (Muñoz, 2013).

Cuadro 2. Estadísticos de ajuste de los modelos lineales generados por método para estimar la cobertura ( $m^2/ha$ ) de *A. lechuguilla*.

Método	Modelo	$R^2_{ajustada}$	p-value
<b>Cobertura (<math>m^2/ha</math>)</b>			
<b>Mayor correlación</b>	Azul	3004.7278-(Azul*1.4458)	0.2669 0.001456

<b>Stepwise</b>	backward	$(-8.691e^{+05})-(Azul*8.199)$	0.3887	0.0127
	forward	$(-2.089e^{+05})+NDVI-R*(-1.732e^{+05})+TVI*(2.938e^{+05})+Azul*(-7.308)+Verde*(5.27)$	0.4559	0.000339

Dónde:  $R^2_{ajustada}$ : coeficiente de correlación ajustada; NDVI-R: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada con la banda Roja y TVI: NDVI Transformado.

Al generar los mapas de cobertura de *A. lechuguilla* utilizando el modelo generado con los valores espectrales provenientes del satélite Sentinel 2b, se encontró que los modelos obtenidos aplicando el Stepwise (backward y forward) no fueron apropiados para hacer la modelación en toda el área de estudio, donde se obtuvieron valores negativos no siendo congruentes con los valores obtenidos en campo. Por lo que se decidió utilizar solo el modelo utilizando la banda Azul que, aunque tiene los valores de  $R^2_{ajus}$  menores son los que mejor representa los valores obtenidos en campo (Figura 1).

Resultados similares a este trabajo fueron realizado por Hernández-Ramos, *et al.* (2020) donde generaron modelos con la inclusión del NDVI para estimar peso verde y cobertura en *E. antispyhilitica* con coeficientes de correlación de 0.163 y 0.220, respectivamente, que fueron ligeramente menores a los obtenidos en este estudio (0.2669 y 0.2022 para las mismas variables a estimar).

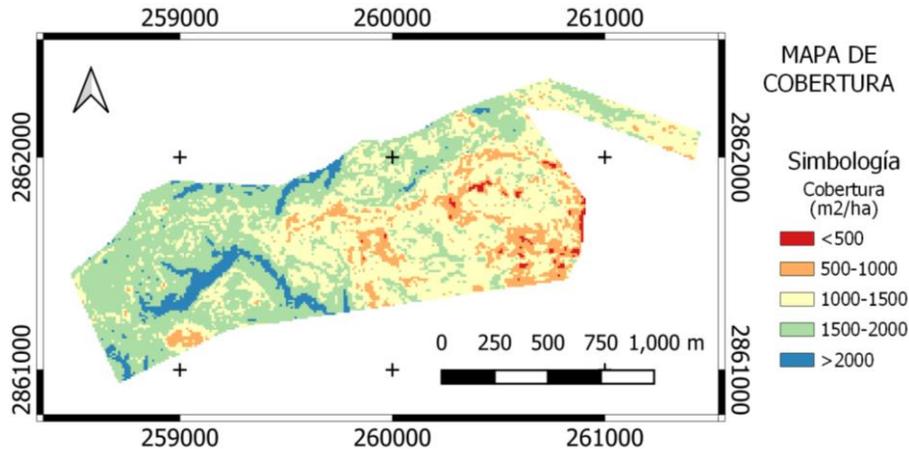


Figura 1. Mapa de distribución espacial de la cobertura (m<sup>2</sup>/ha) de *Agave lechuguilla*

En ecosistemas diferentes a este trabajo como lo obtenido por Torres-Rojas *et al.* (2016), reportan relaciones negativas entre variables forestales de un bosque de pino y las bandas espectrales de los sensores SPOT® y Quickbird®, enfatizando mejores correlaciones asociadas a la banda del infrarrojo y  $R^2$  superiores a 0.5; al igual, Pérez *et al.* (2018) presenta tendencias similares entre las variables forestales de un bosque mixto en Durango y los valores espectrales del sensor LandSat ETM+, con  $R^2$  superiores a 0.6.

## Conclusiones

Mediante el modelado de la respuesta espectral del sensor Sentinel-2b se puede estimar la Cobertura ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ) de *Agave lechuguilla*, obteniendo mapas de la distribución espacial de la variable analizada. Los modelos generados por el algoritmo de *stepwise backward y forward*, aunque en teoría explican el 45.59 y 38.87 % de confiabilidad la cobertura de *A. lechuguilla*, no son modelos prácticos y que se puedan utilizar para la modelación de distribución espacial.

Por lo que, el modelo utilizado para la generación del mapa fue donde solo se incorporó la banda Azul, que fue la que mayor valor de correlación presentó con cobertura ( $\text{m}^2$ ) de *A. lechuguilla* a nivel de predio, aunque dichos valores presentan el valor de  $R^2_{\text{ajustado}}$  mejor (26.69).

### Agradecimientos y fuente financiera

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Estimación de variables forestales en ecosistemas áridos y semiáridos mediante datos de sensores remotos para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (Etapa 1 de 2)”, financiado por INIFAP Fondos Fiscales 2020.

### Literatura Citada

- Buendía-Rodríguez E. Modelación geoespacial para el estudio de servicios ambientales en ecosistemas forestales templados. 2017. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León – Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N. L. 96 p.
- Hernández Ramos, A., Cano Pineda, A., Buendía Rodríguez, E., Tamarit Urias, J. C., & Hernández Ramos, J. 2020. Mapeo del peso verde y cobertura arbustiva de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. con datos espectrales del satélite Sentinel-2. In I. Orona Castillo, A. Amador Machado, J. Puentes Gutiérrez, M. Fortis Hernández, P. Preciado Rangel, & F. J. Ruiz Ortega (Eds.), Memoria de la XXXII Semana Internacional de Agronomía (1ra ed., pp. 1254–1260). Venecia, Durango, México: Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia.
- Muñoz A., P. 2013. Índices de vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales, Chile. 15 p.
- Pérez M. R., Romero M. E. S., González H. A., Martínez L. A. y Arriola V. J. P. 2018. Estimación de atributos forestales mediante teledetección en bosques mixtos de Durango, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 4(2): 49-70.
- Rouse, J. W., R. H. Hass, D. W. Deering and J. A. Schell. 1973. Monitoring the vernal advancement and retro gradation (green wave effect) of natural vegetation. NASA/OSFC. Type III. Final report. Oreenbello MD. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022555.pdf>
- Torres-Rojas G., Romero-Sánchez M. E, Velasco-Bautista E. y González-Hernández A. 2016. Estimación de parámetros forestales en bosques de coníferas con técnicas de percepción remota. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(36): 7- 24.

## **EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL PINTO EN DIFERENTES LOCALIDADES DEL ESTADO DE ZACATECAS**

Nadiezhdha Ramírez-Cabral\*, Manuel Reveles-Hernández, Ángel Cid-Ríos,  
Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez.

INIFAP. Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R. Zacatecas, 98500, México. \*Autor de correspondencia: ramirez.nadiezhdha@inifap.gob.mx

### **Introducción**

En México, el estado de Zacatecas es de los principales productores de frijol, donde la principal zona se localiza en el noroeste del Estado, y comprende los municipios de: Sombrerete, Río Grande, Miguel Auza, Juan Aldama, Saín Alto y Francisco R. Murguía; con una producción promedio del 81% del total de la producción del estado. En esta región se siembra, principalmente, la variedad Negro San Luis (NSL) (Galindo y Zandate, 2004). El cultivo del frijol representa una fuente importante de ocupación e ingresos, como también autosuficiencia alimentaria para los hogares de los agricultores; además de ser fuente de proteínas y vitaminas (Sánchez et al., 2001; Rodríguez et al., 2010).

Desde la siembra hasta la post-cosecha los agricultores se enfrentan a diversos problemas como: alto costo de insumos, falta de tecnología adecuada, ataque de plagas, enfermedades y malezas, precipitaciones erráticas, presencia de heladas tempranas y tardías, así como bajo precio de su cosecha y deficiente comercialización. Aunado a esto, un alto porcentaje de las áreas donde se cultiva el frijol presentan suelos poco fértiles, erosionados, con poca profundidad y pendientes inclinadas que constituyen una limitante para el desarrollo del cultivo, es decir suelos con bajo potencial productivo (Pérez y Galindo, 2003). En las tierras semidesérticas de Zacatecas, la precipitación siempre ha sido un factor limitante para la agricultura, y sumando los efectos del cambio de clima, los agricultores de temporal han venido practicando una agricultura más riesgosa año con año.

Los principales factores abióticos que impactarán en la producción de frijol serán las sequías y las altas temperaturas (Beebe et al., 2011). Se estima que para el año 2050, se necesitará un incremento en la producción del 30% para satisfacer las necesidades de la población (Palomino, 2012). Bajo este escenario, es muy probable que el cambio de clima impacte en la producción de esta leguminosa, por lo que se requieren de medidas de adaptación como lo son el uso de variedades resistentes a sequía, altas temperaturas y de ciclos cortos (Lobell et al., 2008).

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue establecer variedades de frijol pinto en condiciones de temporal para evaluarlas como alternativas de siembra a NSL en regiones productoras de frijol en Zacatecas.

## Materiales y Métodos

Las parcelas fueron sembradas en condiciones de temporal. Las parcelas se establecieron cuando se inició la temporada de lluvias e incluso después del 15 de julio, que es la fecha límite recomendada para las siembras en esta región. Se realizaron siembras en el año 2012 en cuatro localidades de Zacatecas. Se buscó establecer los lotes en sitios cercanos a las estaciones climatológicas del INIFAP – CEZAC para contar con datos de temperatura y precipitación más precisos.

Tabla 1. Fechas de siembras, localidad y estación climatológica del INIFAP-CEZAC más cercana al sitio de siembra.

Fecha de siembra	Localidad	Estación climatológica más cercana
18 julio 2012	CEZAC	CEZAC
15 julio 2012	Localidad 1, Sombrerete	Col. Hidalgo
17 julio 2012	Localidad 2, Sombrerete	Emiliano Zapata
19 julio 2012	Col. Progreso, Río Grande	Col. Progreso

Los lotes establecidos fueron de una hectárea en el que se sembraron 8 surcos de 50 m y 0.76 cm de separación para cada una de las variedades con un diseño experimental completamente al azar y cuatro repeticiones. Los lotes se rastrearon para estar listos al inicio de la temporada de lluvias. Las variedades evaluadas fueron: Pinto Bravo, Pinto Centenario, Pinto Coloso, Pinto Libertad, Pinto Centauro, Pinto Dorado, Pinto Saltillo y Negro San Luis (NSL). Todas las variedades, con excepción de NSL son materiales generados en el INIFAP. Las primeras variedades de frijol pinto son de reciente liberación, con menos de 10 años en el mercado.

Agronómicamente, se evaluaron las variables: número de días a floración (DF) y madurez (DMF), rendimiento y peso de 100 semillas. El número de días a floración se registró cuando el 50% de las plantas de cada parcela experimental mostró al menos una flor abierta. Los días a madurez se establecieron cuando las plantas de cada parcela cambiaron la tonalidad de las hojas del color verde al amarillo. Además, los días a floración y a madurez fisiológica se calcularon en unidades calor (UC) con temperatura base de 10°C y tomando los datos de temperatura que registraron las estaciones climatológicas más cercanas a las parcelas durante el ciclo del cultivo. También se obtuvieron los promedios de días a floración y a madurez fisiológica en días calendario. Las unidades calor se obtuvieron con el método residual.

$$UC = (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_{base}$$

Para evaluar el rendimiento, se cosecharon cinco muestras de dos surcos de 5m en las parcelas de cada variedad. Se trillaron las plantas y se limpió el grano obtenido en cada muestra para pesarlo en una balanza electrónica y estimar el rendimiento de cada variedad

en kilogramos por hectárea. Al mismo tiempo se tomó una muestra aleatoria de 100 granos en cada repetición para determinar su peso y con ello establecer el tamaño de grano.

## Resultados y Discusión

La precipitación presentada durante la realización de este experimento fue deficiente en casi todas las localidades. La precipitación promedio registrada en las estaciones más cercanas, durante la siembra de los meses de julio a octubre, fue: CEZAC de 203 mm, Col. Hidalgo de 310 mm, Emiliano Zapata de 454 mm y Col. Progreso de 250 mm.

Ruiz y colaboradores (2013), mencionan que la precipitación mínima requerida, para el frijol, es de 300 mm al año, sin embargo, de las localidades donde se sembraron los experimentos, únicamente la localidad cercana a la estación climatológica de Emiliano Zapata cumplió con este requisito. Este mismo autor cita que de la siembra a la floración se requieren de 110 a 180 mm de agua para el desarrollo del cultivo, condición que no fue cumplida en los frijoles pintos en las localidades de CEZAC y la de la estación cercana a Col. Progreso. No obstante, en todas las localidades, en todos los años se cosechó el grano, es decir que aún con precipitación deficiente las variedades de pintos evaluadas produjeron grano.

La variedad Pinto Centenario superó a Pinto Saltillo (666 kg ha<sup>-1</sup>) y NSL (785 kg ha<sup>-1</sup>) con rendimientos de 963 kilogramos por hectárea. Pinto Saltillo presentó el rendimiento más bajo en condiciones de temporal. De las variedades de reciente liberación, Pinto Coloso tuvo el menor rendimiento. El valor más bajo en el peso de 100 semillas correspondió a NSL, seguido por Pinto Saltillo contrarrestando el valor máximo de 37 grms de Pinto Libertad. En las variedades de más reciente liberación el valor promedio para el peso de 100 semillas fue de 36 gramos. Los frijoles pintos fluctuaron muy poco en cuanto a los DF y DMF (Tabla 2)

Tabla 2. Rendimiento, peso de 100 semillas, DF, DMF y UC a MF de las variedades en estudio.

Variedad	Temporal		Días calendario a:		Unidades calor a madurez fisiológica
	Rendimiento de grano (kg/ha)	Peso de 100 semillas	Floración	Madurez fisiológica	
Pinto Bravo	842.96	35.78	41	88	671
Pinto Centenario	962.89	35.25	41	88	671
Pinto Coloso	817.54	35.83	41	90	702
Pinto Libertad	957.06	37.13	41	90	702
Pinto Centauro	947.61	34.90	41	88	671
Pinto Saltillo	665.71	25.18	43	90	702
NSL	784.88	24.90	62	104	801

En cuanto a las unidades calor necesarias para llegar a la madurez fisiológica los pintos Coloso, Libertad y Saltillo obtuvieron los valores más altos, seguidos por los pintos Bravo, Centenario y Centauro con 671 UC. El más tardío fue NSL con 801 UC. En el año 2012, la temperatura promedio máxima durante el ciclo de cultivo fue de 25.3 °C, 25.0 °C, 24.2 °C y

26.7 °C en CEZAC, Col. Hidalgo, Emiliano Zapata y Col. Progreso, respectivamente. En cuanto a las mínimas promedio fueron 11.9 °C, 11.6 °C, 11.4 °C y 12.0 °C en el mismo orden.

Los materiales que se evaluaron tienen como características ser de ciclos más cortos, de grano de calidad comercial y culinaria (Rosales et al., 2014). Los frijoles pintos presentaron un ciclo de cultivo más corto que los negros, los cuales son sembrados en grandes extensiones en Zacatecas. La variedad Negro San Luis (NSL) en promedio necesita de 800 UC para completar su ciclo; en comparación las variedades de frijoles pintos de reciente liberación que necesitaron de 680 UC en promedio para llegar a madurez fisiológica. Por lo que a pesar de ser NSL la variedad más sembrada en el noroeste de Zacatecas, los frijoles pintos representan una mejor alternativa por su precocidad.

Los frijoles pintos, evaluados en este estudio, representan una buena opción para mitigar el cambio de clima en los patrones de lluvia ya que son variedades mejoradas resistentes a sequía y de ciclos cortos. Los genotipos de ciclo intermedio con plasticidad fenológica son una buena opción para estabilizar el rendimiento entre años y localidades sujetas a déficits intermitentes de humedad, pues permite la sincronización fenológica con los patrones de disponibilidad de agua, así como la posibilidad de recuperación posterior a los déficits de humedad. La precocidad es otra característica importante, ya que permite el escape a la sequía y a las bajas temperaturas al final del ciclo biológico de la leguminosa (Acosta y Adams, 1991; Rosales, 1997).

## Conclusiones

En el noreste de Zacatecas, la siembra de NSL ha prevalecido porque ya se cuenta con un mercado asegurado, sin embargo, debido a las condiciones climáticas que se han venido presentando con temperaturas más elevadas y lluvias erráticas es necesario que los agricultores tengan alternativas de grano, como lo son los frijoles pintos que tienen ciclos más cortos. La tendencia para la generación de nuevos materiales de frijol es liberar materiales de ciclo corto y tolerantes a la sequía, debido a la gran variabilidad climática que se ha venido presentando, temporal tardío, disminución en la precipitación y eventos erráticos de la misma.

## Literatura Citada

- Acosta G. J. A. y Adams M. W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *Journal of Agriculture Science* 117: 213–219.
- Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, I.M., Mosquera, G., Bueno, J.M., Blair, M.W., 2011. Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. In: *Crop Adaptation to Climate Change*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Galindo G.G y Zandate R. H. 2004. Caracterización de productores del noroeste de Zacatecas y el uso de variedades de frijol. INIFAP-CEZAC. Folleto técnico No. 13.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., Naylor, R.L., 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319, 607–610.

- Palomino, V., 2012. Bayesian Analysis of a Linear Mixed Model to Measure The Impact of Climate Change on Yield of Common Bean For The Year 2030 Worldwide. University of Puerto Rico, Puerto Rico, Tesis de Maestría.
- Pérez T. H. y Galindo G. G. 2003. Situación socioeconómica de los productores de frijol de temporal en Zacatecas. *TERRA Latinoamericana*. Vol. 21, Núm. 1. 137-147
- Rodríguez L. G., García S. J. A., Rebollar R. S y Cruz C. A. C. 2010. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. *Paradigma económico*. Año 2, Núm. 1. 121-145 p.
- Rosales S. R. 1997. Rendimiento de grano y adaptación del frijol común en condiciones variables de disponibilidad hídrica. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Mex., Mexico. 185 p
- Rosales S. R., Nava B. C. A, González R. H., Herrera M. D., Jiménez G. J. C., Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Osuna C. E. 2014. Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.5 no. 2
- Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
- Sánchez R.G., Martínez M. F. A. y López I. L. A. 2001. El frijol en México competitividad y oportunidades de desarrollo. *FIRA. Boletín informativo*. Núm. 316 Volumen XXXIII 9a. Época

## GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Echinocereus enneacanthus* DE TRES ESTADOS DE MADURACIÓN DEL FRUTO

Guadalupe Casarrubias-Muñoz<sup>1</sup>, Víctor M. Villanueva-Coronado<sup>2</sup>, Mario E. Vázquez-Badillo<sup>2</sup>, Olga L. Rumayor-Rodríguez<sup>3</sup>, Eglantina Canales-Gutiérrez<sup>3</sup>, Adriana Antonio-Bautista<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Coahuila, Química Área Biotecnología, Ramos Arizpe, Coahuila C.P 25900.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Fitomejoramiento, Buenavista, Saltillo, Coah. C.P 25315. <sup>3</sup>Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Coahuila, Saltillo, Coah. CP2500, <sup>4</sup>CINVESTAV-UNIDAD Saltillo, Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Ramos Arizpe, Coah. C.P 25900. \*Autor de correspondencia: adis\_anba@hotmail.com

### Introducción

Las cactáceas son consideradas un grupo muy diverso y complejo de plantas ya que más de 2000 especies pertenecen a este grupo (Anderson, 2001). Las cactáceas son un grupo especializado a desarrollarse en ambientes con un suministro bajo de humedad y expuestos a grandes temperaturas, por lo que se han adoptado diversos mecanismos para la disminución de estas limitaciones, cuentan con adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten ser más abundantes en los ambientes áridos (Arias, 1997). *Echinocereus*, género típico de las planicies y altiplanicies de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas más específicamente los *Echinocereus enneacanthus*, es utilizada en la recuperación de zonas deforestadas y sirve de albergue y alimento a la fauna silvestre, los pobladores de las áreas de distribución la usan como alimento, (Vázquez-Yanes et al., 1999). Actualmente no existe mucha información de aspectos ecológicos, de épocas de cosecha, de requerimientos en la germinación y el establecimiento de las plántulas de ésta especie, por lo que esta investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la germinación de las semillas en tres estados de maduración del fruto.

### Materiales y Métodos

Los frutos fueron colectados en plantas de una población natural, en el área de la Reserva Natural Estatal "La Muralla" del municipio de Castaños, Coahuila, México (26°20'19.86"N - 101°22'4.22"O), se seleccionaron en tres estados de maduración del fruto y éste fue determinado por el color, se colectaron considerando tres colores, rojo, medio rojo y verde, según figura 1, Posteriormente fueron llevados al laboratorio de producción y almacenamiento de semillas de la UAAAN, se tomaron 10 frutos al azar por cada color, para la extracción de semillas se llevó a cabo un macerando del fruto y se eliminó el mucilago con agua destilada, posteriormente se colocaron en una estufa de secado a 30°C por 12 horas para la eliminación del excedente de humedad de las semillas.

Para el análisis de germinación se tomaron al azar 400 semillas en cuatro repeticiones de 100 semillas por cada color, se pusieron en cajas Petri con papel filtro húmedo y posteriormente fueron llevadas a una cámara de germinación calibrada con 12 horas de obscuridad y 12 horas de luz, se tomaron datos a los 14 días posteriores a la siembra, las variables a evaluar fueron número de semillas germinadas (SG), Semillas Duras (SD) y Semillas Muertas (SM), éstas variables fueron tomadas de acuerdo a ISTA (2008). El experimento se llevó mediante un diseño completamente al azar. El análisis se realizó bajo el lenguaje y ambiente de computo estadístico R (R Core Team, 2020).



Figura 1. Estados de maduración del fruto según el color a) rojo, b) medio rojo, c) verde.

## Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de varianza muestran que para las variables SG, PA, SD y SM en los tres colores es altamente significativo ( $\leq 0.01$ ), por lo que se observa que germinación de las semillas está fuertemente influenciado por el estado de maduración del fruto para *Echinocereus enneacantus*. En la comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ), figura 1 para las variables evaluadas muestra que para las semillas obtenidas de frutos rojos y medio rojo no son significativamente diferentes ya que pertenecen al mismo grupo estadístico al producir 76.25% de semillas germinadas y los frutos verdes producen un bajo porcentaje de semillas de calidad 37.5% y producen un alto porcentaje de semillas muertas (11.25%), de plántulas anormales 45% y semillas duras 11.5%.

Lo que quiere decir que los frutos rojos y medios rojos son frutos con suficiente madurez, que al ser cosechados en cualquiera de éstos dos estados podremos obtener semillas de calidad ya que no se verá afectada la calidad fisiológica de la semillas algo similar encontró (Criollo y Upegui, 2005), al evaluar el cambio de color de frutos en uvilla (*Physalis peruviana* L.) al encontrar que el color crema de la uvilla presentó un porcentaje del 70 % de semillas vigorosas con respecto a los frutos verdes 23.5%, con respecto a los frutos verdes las semillas no han alcanzado la madurez fisiológica suficiente para producir plántulas vigorosas. Es decir que los frutos de color verde pueden ser cosechados en éste estado de maduración sin que se vea afectada la calidad fisiológica de las semillas.

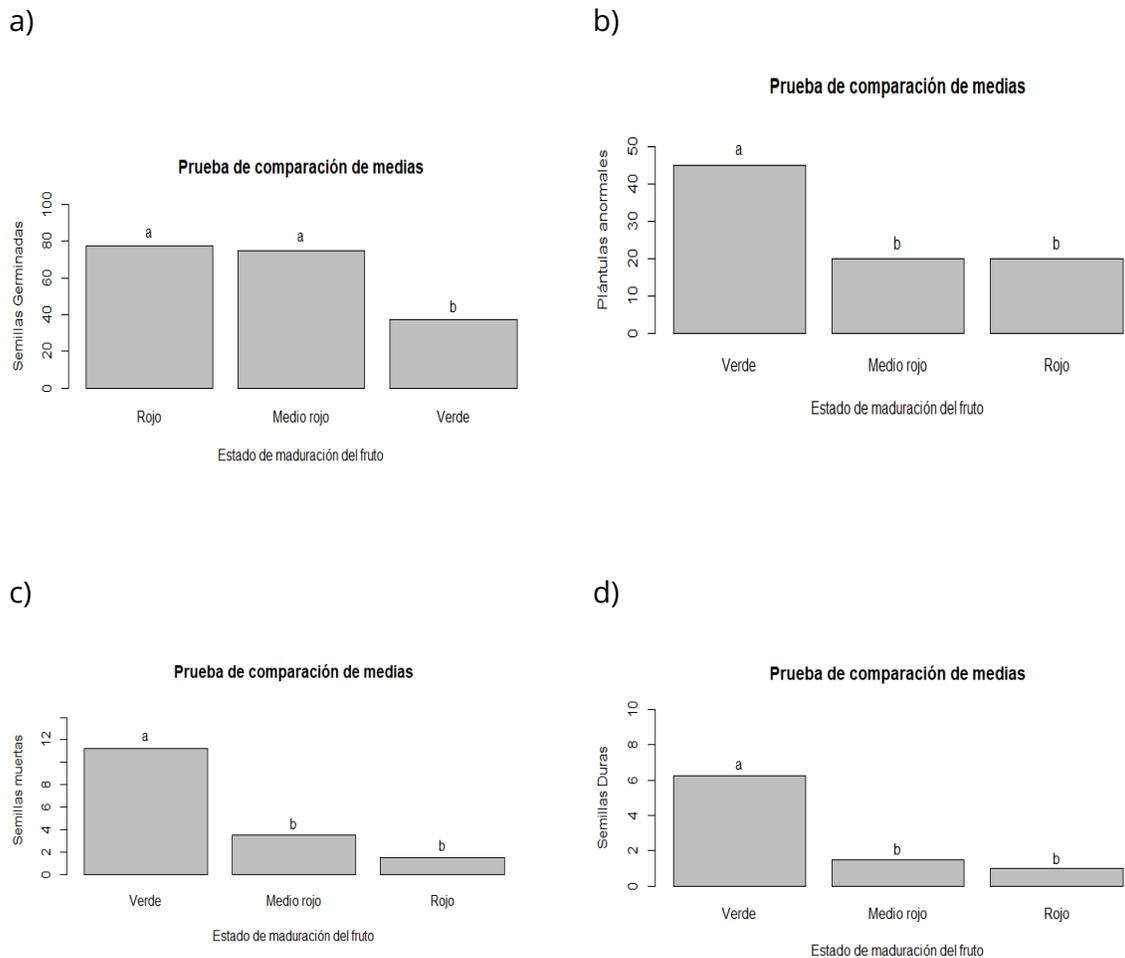


Figura 2. Comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ) para las variables evaluadas en semillas de *Echinocereus enneacantus*, en tres estados de madurez del fruto (Las medias con la misma letra indican que no son significativamente diferentes).

## Conclusiones

Los frutos de un color medio rojo de *Echinocereus enneacantus* tienen la suficiente madurez y pueden ser cosechados sin que se vea afectada la calidad fisiológica de las semillas, y no esperar a que estén maduros o de color rojo ya que podríamos perder semillas por aprovechamiento de los frutos por consumo humano o bien por daños por mamíferos o aves, ya que la coloración medio rojo es menos atractiva para ellos.

## Literatura Citada

- Anderson, E.F. 2001. The cactus family. Portland: Timber Press. 776 p. Estados Unidos.
- Arias, S., S. Gama y L.U. Guzmán-Cruz. 1997. Cactaceae. Pp. 1-146, en: Dávila, P., J.L. Villaseñor, R. Medina y O. Téllez (eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- González-Zertuche, L., Orozco-Segovia, A., & Vázquez Yanes, C. (1999). The atmosphere of the seed in the ground: its effect on the germination and seedling survival. Botanical Sciences, (65), 73 - 81.

International Seed Testing Association (ISTA) (2008) International Ruler For Seed Testing: The Germination Test. Seed Science and Technology, p. 7.

Criollo-Escobar, H., Upegui, P., A. Revista de Ciencias Agrícolas, ISSN-e 2256-2273, ISSN 0120-0135, Vol. 22, N°. 1-2, 2005 (Ejemplar dedicado a: Revista de Ciencias Agrícolas - Primer y segundo semestre, Enero - Diciembre 2005), págs. 56-69.

## **APORTACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA BIZNAGA DE DEDOS LARGOS EN UNA ZONA PROTEGIDA EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA "BARRANCA DE METZTITLÁN", ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO**

Selene Ortiz-Burgos<sup>2\*</sup>, Rocío Zárate-Hernández<sup>1</sup>, Claudia Ballesteros-Barrera<sup>1</sup>,  
Angélica Martínez-Bernal<sup>1</sup>, Bárbara Vargas-Miranda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Apartado Postal 55-535. CP 09340, CDMX, México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias UNAM. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N. Delegación Coyoacán, C.P. 04510 Ciudad Universitaria, CDMX. \*Autor de correspondencia: gsob@xanum.uam.mx\_

### **Introducción**

México es un país megadiverso y dentro de esta gran diversidad biológica uno de los grupos que más llama la atención son las cactáceas grupo de plantas modificadas fisiológica y morfológicamente, lo que les ha permitido su establecimiento en ambientes de extrema aridez. Nuestro país alberga la mayor riqueza en el mundo de la familia Cactaceae contando con 913 taxa y, 80% de estas especies son endémicas del territorio mexicano. Estas adaptaciones principalmente se enfocan en un aprovechamiento eficiente del agua, debido a la cantidad limitada en que se encuentra. Estas características biológicas y ecológicas que les permite sobrevivir en condiciones tan difíciles también las hacen vulnerables a diversos factores de perturbación natural y antropogénica. (Lara Juárez *et al.*, 2016). En este sentido, se han establecido relaciones con otras especies que les facilitan de cierto modo el establecimiento de las especies, de estas interacciones ecológicas se destaca el nodricismo, en esta una especie (nodriza) crea un microhábitat donde esta especie proporciona sombra modificando las variables ambientales, posibilitando así el establecimiento de otras especies al facilitar su supervivencia, favoreciendo la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas. Esta interacción se da principalmente entre arbustos perennes y cactáceas que se reclutan bajo su sombra es una de las más importantes en ecosistemas áridos o semiáridos (Bravo-Mendoza *et al.*, 2007). El objetivo de este trabajo fue determinar aportar información sobre la estructura poblacional de la Biznaga de dedo largos (*Mammillaria longimamma*) y determinar si existe una influencia de debida a la nodriza con la que interactúan, considerada una especie amenazada (NOM-059), en la Reserva de la Biósfera "Barranca de Metztitlán" en el estado de Hidalgo, México.

### **Materiales y Métodos**

Área de estudio. La Reserva de la Biósfera "Barranca de Metztitlán" se ubica en México en el estado de Hidalgo (20°14'15"-20°45'26" N y 98°23'00"-98°57'08" W) y tiene una superficie de 96 043 ha (Figura 3). La elevación en la reserva varía de 1200 a 2600 m. El clima es seco (BS0hw) y semiseco (BS1hw), causado por el efecto de sombra de lluvia de la Sierra Madre Oriental.

La temperatura media oscila entre 18 y 22 °C y la precipitación anual es en promedio de 500 mm (CONANP, 2003). Se eligieron cuatro especies nodriza, *Myrtillocactus geometrizans* (1), que forma una copa alta y altamente ramificada, *Randia* sp (2). que es una planta arbustiva, *Isolatocereus dumortieri* (3) que es candelabriforme y *Prosopis laevigata* (4), especie arbórea de hasta cinco metros de alto. Bajo cada nodriza se contabilizó el número de individuos de *M. longimamma*, además de su diámetro, se registró temperatura, humedad relativa e incidencia de luz. Para la evaluación descriptiva del diámetro se elaboró un histograma con los diámetros, así como para comparar las diferencias en los diámetros de acuerdo a la especie nodrizas se realizó una prueba bi-varida que se determinó de acuerdo al cumplimiento de supuestos de normalidad y homocedasticidad. Debido a que no se cumplieron estos se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis y una prueba comparaciones múltiples no paramétrica.

## Resultados y Discusión

Se registraron un total de 136 individuos de *M. longimamma*, la distribución de los individuos se muestra en la Figura 1, donde se observa que en los diferentes intervalos relacionados con el diámetro se encuentra un mayor número de individuos en tamaños intermedios (4 a 6 cm), mostrando un menor número de individuos en estadios juveniles. Para la comparación de los diámetros entre las diferentes nodrizas se aplicaron las pruebas de Omnibus y Levene para evaluar normalidad y homocedasticidad respectivamente demostraron que no se cumplía con ninguno de ambos parámetros ( $p < 0.002$ ), por lo que se aplicó una prueba Kruskal-Wallis que existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de nodrizas ( $H=48.546$ ;  $g.l.=3$ ;  $p < 0.0001$ ), donde la prueba de comparaciones múltiples demostró que el diámetro de la biznaga resultó diferente el efecto de las nodrizas *Myrtillocactus geometrizans* (1) y *Prosopis laevigata* (4) comparado con las otras dos nodrizas (Figura 2) Lo que podrá relacionarse con la estructura de cada una de las nodrizas.. En cuanto a la correlación entre las variables ambientales la humedad y la iluminación mostraron una relación con el diámetro, de manera inversa con la humedad y directa con la iluminación.

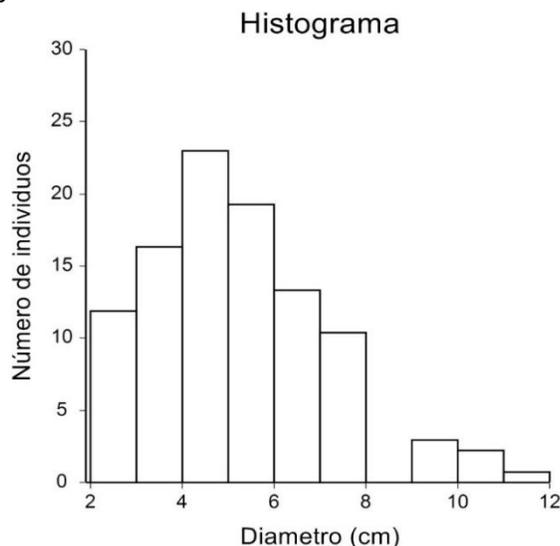


Figura 1. Distribución de los diámetros de *M. longimamma* en la Reserva de la Biósfera "Barranca de Metztitlán".

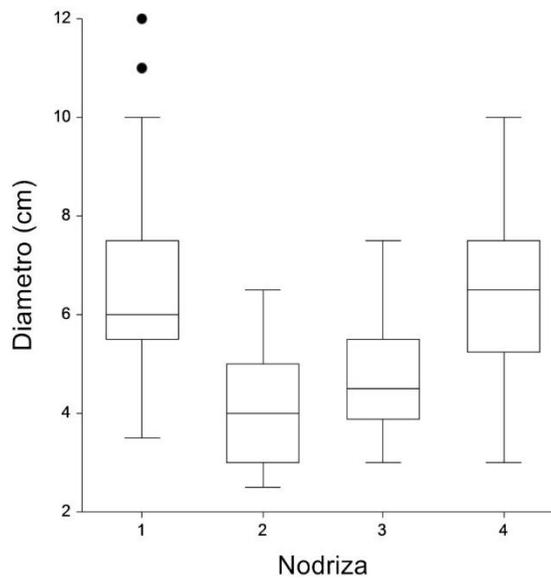


Figura 2. Variación de los diámetros de *M. longimamma* en la Reserva de la Biósfera “Barranca de Metztitlán”.

## Conclusiones

De acuerdo al análisis realizado al diámetro de *M. longimamma* se puede observar que hay pocos individuos juveniles aspecto que puede ser negativo para la población de esta zona, uno de las interacciones más importantes para las cactáceas y que incide de manera importante en su supervivencia, así se encontró que las nodrizas *M. geometrízans* (1) y *P. laevigata* (4) resultaron tener un efecto más efecto de la humedad y la iluminación, lo que puede relacionarse al efecto nodriza y la presencia de microclimas que facilitan el establecimiento y desarrollo de esta cactácea. Esta información busca contribuir al conocimiento de esta especie amenazada como lo es *M. longimamma* en la Reserva de Biosfera de la “Barranca de Metztitlán”.

## Literatura Citada

- Bravo-Mendoza, M., A. Espinosa-Cantú, I. Castellanos-Vargas y Z. Cano-Santana. 2007. Tamaño de *Neobuxbaumia tetetzo* y longitud de sus espinas apicales en un gradiente de luz bajo mimosa luisana, un arbusto nodriza. *Acta Bot. Mex.*, 79: 69-80.
- Lara Juárez, E.I., J. Treviño-Carreón, B. Estrada Drouaillet, W.A. Poot Poot, V. Vargas-Tristán and C. Ballesteros-Barrera. 2016. Determination of nurse species of *Ferocactus pilosus* (Galeotti) Werderm. (Cactaceae) in Miquihuana, Tamaulipas, Mexico. *Rev. Mex. Agroecosistemas*, 3(2): 184-194.

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE SELECCIONES DE DURAZNERO

Manuel Antonio Galindo-Reyes<sup>1</sup>, Erick Baltazar-Brenes<sup>1</sup> y René Félix Domínguez-López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. Pabellón, Ags. 20,660. <sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad no. 1001. Rincón de Romos, Ags. C.P. 20400. Email: galindo.manuel@inifap.gob.mx

### Introducción

En nuestro país, durante el año 2020 se cultivaron poco más de 33 mil hectáreas de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.] para diferentes usos y destinos de la producción. Los principales estados en superficie cultivada son Zacatecas, Puebla, Michoacán, entre otro (SIAP, 2021).

En duraznero, muchas variedades como portainjertos proceden de programas de mejoramiento de EEUU, Italia, Francia, entre otros; lo que provoca alta dependencia tecnológica en la producción. Otra desventaja de utilizar variedades introducidas es que pocas veces se adaptan a nuestras condiciones propias de suelo, de clima y de mercado, por lo que es indispensable contar con variedades generadas en el país donde se van a cultivar (Cantín *et al.*, 2009). En este sentido, es indispensable contar con programa de mejoramiento para cada región productora o por lo menos para cada país.

En México, hasta hace pocos años había varios programas de mejoramiento dedicados al cultivo de duraznero. En este tenor, en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), hasta antes del año 2007 existió un programa de mejoramiento en duraznero, donde se generaron diversas selecciones y variedades. Ante esta situación, surge la necesidad de evaluar y conservar las variedades generadas en el CEPAB y otros genotipos traídos de otras regiones con el fin de disponer de variedades o para iniciar un programa de mejoramiento. Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo exponer la evaluación de 14 selecciones de duraznero en cuanto a rendimiento y calidad de fruto durante cuatro años.

### Materiales y Métodos

La investigación se realizó en un huerto pequeño de duraznero 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 este huerto de duraznero se evaluaron 14 genotipos durante cuatro años más o menos continuos (2016, 2017, 2018 y 2020). Los 14 genotipos y los cuatro años en estudio se consideraron como tratamientos y repeticiones, respectivamente. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y como unidad experimental se consideró un árbol.

El huerto se estableció con los 14 genotipos de duraznero con árboles que provenían de plantas propagadas mediante estaca sin injertar, durante mes de marzo del año 2010. La plantación se realizó a una distancia de 5 x 4 metros para líneas y plantas, respectivamente; y las hileras se orientaron de Este-Oeste. Los árboles se condujeron en vaso o copa, dejando entre cuatro o cinco ramas principales para favorecer la entrada de la luz y soportal el peso de los frutos.

En cuanto al manejo agronómico, el huerto se ha fertilizado año con año con la dosis de 150-100-50-30-50-50 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. Finalmente, los arboles recibieron practicas agronómicas de acuerdo con el manejo comercial de la región como fue el control de maleza, de plagas y de enfermedades.

Como variables de respuesta se tomaron rendimiento y calidad de fruto. Para ello se cuantificaron frutos totales, comerciales y no comerciales; producción total, comercial y no comercial, y peso promedio de fruto. Como frutos no comerciales se consideran todos aquellos frutos con peso menor a 50 gramos, con presencia de deformaciones y con daños por plagas o enfermedades. La cosecha se realizó conforme ocurrió la madurez comercial en cada genotipo, desde el mes de junio hasta el mes de septiembre. La información se analizó calculando el promedio de los datos para cada una de las selecciones en cada variable. También, se calculó la media general y se contrastaron los promedios de cada árbol.

## Resultados y discusión

El rendimiento y la calidad de fruto del duraznero depende de la interacción genotipo x ambiente. La media general de las 14 selecciones de duraznero fue de 396 frutos totales, 320 frutos comerciales y 76 frutos no comerciales por árbol, esto representó una proporción frutos comerciales de poco más de 80% (Cuadro 1). Estos resultados indican un buen número de frutos por árbol y sobre todo una buena calidad, ya que más del 80% de los frutos presentaron un peso mayor a los 50 gramos. En general, las Selecciones 2 y 7 fueron las más sobresalientes, ya que produjeron más de 900 frutos totales, más de 850 frutos comerciales por árbol y más de 87% de producción comercial; en tanto que la Selección 8 produjo menos frutos, pero con 94% de frutos de calidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de frutos totales, comerciales y no comerciales por árbol en selecciones duraznero.

Selección	Frutos totales por árbol	Frutos comerciales por árbol	Frutos no comerciales por árbol	Proporción de frutos comerciales (%)
1	310.33	260.67	49.67	84.00
2	973.67	853.33	120.33	87.64
3	257.67	121.33	136.33	47.09
4	699.00	504.67	194.33	72.20
5	458.33	282.67	175.67	61.67
6	533.33	471.33	62.00	88.37
7	910.00	854.00	56.00	93.85
8	45.33	42.67	2.67	94.13
9	224.33	117.00	107.33	52.16
10	482.33	425.33	57.00	88.18
11	194.93	183.00	11.93	93.88
12	69.33	34.33	35.00	49.52
13	199.33	163.67	35.67	82.11
14	196.33	173.67	22.67	88.46
Media	396.73	320.55	76.19	80.80

Con relación a la producción por árbol, se observa que la media general de las 14 selecciones de duraznero fue de 30 kilogramos totales, 26 kilogramos comerciales y cuatro kilogramos no comerciales. También, se encontró una media del peso comercial de 80 gramos (Cuadro 2) que resultó superior al peso comercial recomendado. Los árboles de las Selecciones 2 y 7 destacaron en la producción total y comercial por árbol, al producir más de 60 kilogramos. En el caso del peso promedio comercial de fruto, sobresalieron las Selecciones 9 y 10, al presentar frutos con más de 120 gramos. Por otro lado, la Selección 5 se distinguió por producir mayor producción no comercial por árbol (Cuadro 2), característica indeseable en el cultivo de duraznero.

Cuadro 2. Producción total, producción comercial y producción no comercial por árbol en selecciones de duraznero.

Selección	Producción total por árbol (kilogramos)	Producción comercial por árbol (kilogramos)	Producción no comercial por árbol (kilogramos)	Peso promedio de fruto comercial (gramos)
1	21.91	19.51	2.41	72.02
2	70.22	64.78	5.44	86.21

3	21.13	11.89	9.25	86.59
4	45.32	35.86	9.47	72.04
5	41.94	28.59	13.35	64.53
6	36.92	34.49	2.43	81.10
7	69.98	67.50	2.48	89.41
8	2.11	1.98	0.13	58.54
9	25.24	15.91	9.33	123.57
10	51.27	47.39	3.88	119.62
11	17.09	15.78	1.31	82.57
12	3.50	1.75	1.75	44.07
13	12.39	10.37	2.02	91.73
14	11.62	10.73	0.89	51.75
Media	30.76	26.18	4.58	80.27

Después de analizar los datos de frutos y producción comercial por árbol durante la cosecha de más de cuatro años consecutivos se puede decir que las Selecciones 2 y 7 tienen alto potencial de rendimiento y calidad aceptable para ser liberadas como variedades promisorias.

### Conclusiones

Se concluye que las Selecciones 2 y 7 sobresalen por producir más de 850 frutos comerciales y más de 60 kilogramos comerciales por árbol.

Las Selecciones 9 y 10 destacaron por producir frutos con un peso promedio comercial superior a 120 gramos.

### Literatura Citada

- Cantín, C. M., Gogorcena, Y. and Moreno, M. Á. (2009). Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine [*Prunus Persica* (L.) Batsch] breeding progenies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1909-1917.
- 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.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola por estado: uva. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). In: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). Consultado en línea el 7 de octubre de 2021.

## PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE ARBUSTOS FORRAJEROS EN EL NORTE DE MÉXICO

Sandra Patricia Maciel Torres<sup>1</sup>, Nava Reyna Erika<sup>2</sup>, Selene Yuridia Márquez Guerrero<sup>3</sup>,  
Jorge Alonso Maldonado Jáquez<sup>4</sup>, Lorenzo Danilo Granados Rivera<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; <sup>2</sup>INIFAP-CENID-RASPA; <sup>3</sup>INIFAP-Campo Experimental La Laguna; <sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Torreón; <sup>5</sup>INIFAP-Campo Experimental General Terán. \*Autor para correspondencia: granados.danilo@inifap.gob.mx

### Introducción

La población humana demanda alimentos de origen animal para su alimentación y en los últimos años, una parte de esta se ha preocupado por adquirir alimentos que contribuyan a mejorar su salud y prevenir enfermedades. Por lo tanto, se han incrementado los estándares de calidad nutricional e inocuidad de los productos alimenticios en los mercados internacionales (Verma y Srivastav, 2020). En la producción de leche se busca incrementar la concentración de ácido linoleico conjugado (ALC) (Siurana y Calsamiglia, 2016), debido a que dos de sus isómeros han sido de interés por sus potenciales efectos sobre la salud humana como: reducción de la grasa corporal, propiedades antiaterogénicas, hipolipemiantes, antidiabéticas e inmunomoduladoras, entre otras (Gómez-Cortés *et al.*, 2019). Estos isómeros son el cis-9, trans-11, y el trans-10, cis-12, que en conjunto representan alrededor del 95 % del ALC total en leche de rumiantes, siendo el cis-9, trans-11 el que se presenta en mayor proporción (90 %) (Griinari *et al.*, 2000).

La leche de rumiantes es el alimento en la naturaleza con cantidad mayor de ALC, sintetizándose a través de la biohidrogenación incompleta de los ácidos grasos (AG) linoleico (C18:2 n-6) y  $\alpha$ -linolénico (C18:3 n-3) en el rumen. No obstante, por esta vía solo se sintetiza alrededor del 10 % del ALC en leche; el restante 90 % se sintetiza de manera endógena en la glándula mamaria por acción de la enzima  $\Delta 9$ -desaturasa, que sintetiza ALC a partir de ácido vaccénico (AV) (Mosley *et al.*, 2006), quien es otro intermediario de la biohidrogenación ruminal (Kim *et al.*, 2008).

Por otra parte, la alimentación es el factor que más influye en la concentración de ALC en leche de rumiantes (Siurana y Calsamiglia, 2016), y el pastoreo es la estrategia nutricional más eficaz y económica para incrementar el contenido de ALC (Lahlou *et al.*, 2014). Esto se debe, a que los forrajes frescos tienen una concentración alta de ácido linoleico (C18:2 n-6) y  $\alpha$ -linolénico (C18:3 n-3) (Boufaïed *et al.*, 2003), precursores de ALC y ácido vaccénico (AV) en rumen. Lo cual causa una tasa mayor de escape de ALC y AV hacia la glándula mamaria, y en consecuencia existe disponibilidad mayor de sustrato para que actúe la enzima  $\Delta 9$ -desaturasa (Lahlou *et al.*, 2014), que es la responsable de sintetizar alrededor del 90 % de ALC total en leche de rumiantes (Mosley *et al.*, 2006). Sin embargo, la información es limitada sobre el perfil de ácidos de los forrajes, en particular, de arbustos nativos.

La cual es importante conocer, en especial, debido a que estos arbustos son de uso amplio en sistemas de producción a pequeña de caprinos, los cuales son manejados por productores de bajos recursos económicos, por lo que conocer dicha información podría ayudar a dar valor agregado a sus productos (carne o leche), con lo que pudiera incrementar su ingreso (Granados-Rivera et al., 2020). Con base en estos antecedentes, el presente estudio tuvo el objetivo de conocer el perfil de ácidos grasos de arbustos forrajeros nativos seleccionadas por cabras en pastoreo extensivo en la Comarca Lagunera.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en noviembre del 2019 en la región de La Comarca Lagunera, ubicada entre las coordenadas 24° 22' y 26° 23' N y 102° 22' y 104° 47' O, a 1100 msnm. El clima corresponde a BWhw, que se caracteriza por ser desértico, semicálido con invierno fresco, y precipitación media anual de 240 mm, la temperatura media anual a la sombra es de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano (García, 2004).

Para la colección de las muestras de los arbustos se siguió la metodología propuesta por Toyas-Vargas *et al.* (2013), la cual consiste en realizar un recorrido detrás de las cabras anotando y colectando las muestras de especies vegetales que consumen. Cuando la mayoría de las cabras eligen una especie vegetal para consumirla (N>75 %), se toma en forma manual seis muestras de aproximadamente 300 g de la parte consumida por la cabra y aproximadamente a la altura donde consumían estas. Las muestras de forraje se colocaron en bolsas de papel para después trasladarlas al laboratorio de análisis químico proximal. Las plantas elegidas por los animales fueron plantas adultas, con follaje verde, en estado de madurez fisiológica. Las muestras colectadas se pesaron en fresco y posteriormente se secaron en un horno de aire forzado a una temperatura de 50 °C hasta llegar a peso constante (aproximadamente 72 horas).

La extracción de AG se realizó según la metodología de Folch *et al.* (1957). En forma posterior, para determinar el perfil de AG se tomaron 50 µL de los lípidos extraídos y se colocaron en tubos de polipropileno, se agregaron 3 mL de metóxido de sodio al 0.5 M en metanol, y se agitaron por 1 minuto con vórtex. Luego, los tubos se colocaron en un vaso de precipitado con agua destilada a 50 °C por 10 minutos, posteriormente se enfriaron por 5 minutos. Luego, se agregaron 3 mL de ácido clorhídrico metanólico al 5 % y se agitaron 1 minuto con vórtex. Los tubos fueron colocados dentro del vaso de precipitado con agua destilada, a 80 °C por 10 minutos, luego se retiraron y se dejaron enfriar por 10 minutos, se agregaron 3.5 mL de hexano para disolver y extraer solo la grasa, y 5 mL de carbonato de potasio al 6 % para saponificar y liberar los AG, los cuales se agitaron 1 minuto con vórtex, y se centrifugaron por 5 minutos a 2500 rpm. Después se extrajo la fracción de hexano, ubicada en la parte superior en el tubo, y se depositó en tubos de polipropileno, los cuales contenían 0.5 g de sodio para eliminar el exceso de humedad y 0.1 g de carbón activado para eliminar impurezas, se agitaron con vórtex y se centrifugaron a 1500 rpm durante 5 minutos.

Luego se extrajo la primera fase de hexano y se filtró a través de un acrodisco (Thermo Scientific, titan 44513-NN, filtro verde de 17 mm y membrana nylon de 0.45  $\mu\text{m}$ ; para asegurar una muestra libre de impurezas) y se colocó en un vial donde se almacenó a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis por cromatografía de gases. Los metil ésteres de AG se determinaron a través de cromatografía de gases, utilizando un cromatógrafo con detector de ionización de flama (FID), para el cual fue necesario utilizar una columna capilar de sílica fundida (SP-2560, 100 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.2  $\mu\text{m}$  film thickness), un estándar FAME Mix C4-C24, num. Cat. 18919-1AMP, marca Supelco. Como gas acarreador se utilizó helio. Se inyectó 0.1  $\mu\text{L}$  de la muestra de grasa metilada y la rampa de temperaturas usada inició con  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 2.95 minutos, después fue incrementando  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\text{minuto}^{-1}$  hasta alcanzar los  $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ , después subió  $0.70\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\text{minuto}^{-1}$  hasta alcanzar los  $235\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS (2002). La información se analizó por medio de ANOVA bajo un diseño completamente al azar con seis repeticiones, considerando la especie como fuente de variación. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada ( $\alpha = 0.05$ ).

## Resultados y Discusión

Los arbustos forrajeros que fueron seleccionados por las cabras en el agostadero fueron: Huizache (*Vachellia farnesiana*), Mezquite (*Prosopis laevigata*), Gobernadora (*Larrea tridentata*) y Chaparro prieto (*Vachellia constricta*). En México, estos arbustos han sido identificados como preferidos por las cabras en agostaderos de Oaxaca (Mandujano *et al.*, 2019), Tamaulipas (Alva-Pérez *et al.*, 2019), Nuevo León (Armenta-Quintana *et al.*, 2011), Coahuila (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2017) y Baja California Sur (Toyes-Vargas *et al.*, 2013), por lo que son forrajes importantes en la dieta de las cabras, en particular, durante la época seca (Zapata-Campos y Mellado-Bosque, 2021), momento en que pueden representar más del 80 % de la dieta de ganado caprino en pastoreo (Armenta-Quintana *et al.*, 2011).

La concentración de ácidos grasos (AG) mostró diferencias en AG saturados ( $p < 0.001$ ), AG monoinsaturados ( $p < 0.001$ ) y AG poliinsaturados ( $p < 0.001$ ) (Cuadro 1). Estos resultados difieren de lo reportado por Toyos-Vargas *et al.* (2013) quienes no encontraron diferencia para la concentración de AG saturados y AG monoinsaturados en cinco especies forrajeras en el norte de México, sin embargo, fue similar en el contenido de AG poliinsaturados.

Cuadro 1. Perfil de ácidos grasos (AG) (g/100 g AG) de arbustos forrajeros seleccionadas por cabras en pastoreo.

Ácido graso	Arbustos forrajeros								P-Value
	Huizache		Mezquite		Gobernadora		Chaparro prieto		
C14:0	1.29	ab	0.76	b	2.70	a	0.68	b	0.003
C15:0	0.41		0.32		0.29		0.42		0.429
C16:0	33.16	a	25.40	ab	23.08	b	17.85	c	<0.001
C16:1	2.08	b	2.54	b	1.19	c	3.33	a	<0.001
C17:0	1.16		0.91		0.83		1.21		0.776
C18:0	9.39	ab	10.27	a	8.52	b	8.50	b	0.028
C18:1 n-9	4.31		3.95		3.84		4.19		0.095
C18:2 n-6	16.05	b	14.21	b	22.36	a	24.93	a	0.012
C18:3 n-3	26.25	c	36.22	a	29.27	bc	32.87	ab	<0.001
C18:3 n-5	0.47	b	0.54	b	0.70	ab	0.97	a	<0.001
C20:0	1.40		1.70		1.56		1.68		0.161
C20:1 n-11	0.33		0.53		0.46		0.30		0.824
C20:1 n-9	0.07	c	0.36	b	0.79	a	0.01	c	0.028
C21:0	0.15		0.13		0.16		0.12		0.930
C22:0	1.48	ab	0.97	b	2.30	a	1.72	ab	<0.001
C23:0	0.83	a	0.07	b	0.73	a	0.04	b	0.006
C24:0	1.16		1.09		1.20		1.17		0.361
AGS	51.42	a	41.65	b	42.68	b	34.80	c	<0.001
AGMI	7.02	a	7.39	a	4.99	b	8.63	a	<0.001
AGPI	41.56	b	50.96	a	52.33	a	56.57	a	<0.001

AGS= Ácidos grasos saturados; AGMI= Ácidos grasos monoinsaturados; AGPI= Ácidos grasos poliinsaturados. <sup>abc</sup> Literales diferentes entre columnas indican diferencia estadística (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ). Huizache (*Vachellia farnesiana* L.); Mezquite (*Prosopis laevigata*); Gobernadora (*Larrea tridentata*) y Chaparro prieto (*Vachellia constricta*).

El presente estudio confirma que los tres AG de mayor concentración en especies forrajeras son: C18:3 n-3, C18:2 n-6 y C16:0, esto ha sido reportado por otros grupos de investigación (Boufaïed *et al.*, 2003; Elgersma *et al.*, 2004; León *et al.*, 2011; Toyos-Vargas *et al.*, 2013; Prieto-Manrique *et al.*, 2016). Lo anterior, puede explicarse debido a que las células vegetales son las únicas capaces de sintetizar C18:3 n-3 y C18:2 n-6 a partir de ácido oleico, mediante la acción de las enzimas  $\Delta 15$  y  $\Delta 12$  desaturasa, respectivamente (Ursin, 2003). Estos AG están

presentes en altas concentraciones en forrajes verdes, donde pueden representar hasta el 75 % de los lípidos totales (Clapham *et al.*, 2005), ya que forman parte de los digalactosil diglicéridos que están asociados a las membranas tilacoidales en los cloroplastos, por tal razón son los AG que predominan en las plantas terrestres (Sinclair *et al.*, 2002).

Respecto a la concentración de los AG C18:3 *n*-3 ( $p < 0.001$ ) y C18:2 *n*-6 ( $p = 0.012$ ) hubo diferencias entre especies. Mezquite y Chaparro prieto tuvieron la mayor concentración en conjunto. Esto es importante ya que son precursores de ácido vaccénico. En particular, C18:3 *n*-3 es isomerizado a C18:3 *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15, después es hidrogenado a C18:2 *trans*-11, *cis*-15, para ser otra vez hidrogenado a C18:1 *trans*-11, el cual es el ácido vaccénico. En tanto, C18:2 *n*-6 primero se isomeriza a C18:2 *cis*-9 *trans*-11, para después ser hidrogenado a C18:1 *trans*-11 ácido (vaccénico) (Griinari *et al.*, 2000).

## Conclusión

Con base en los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales del presente estudio, se concluye que los cuatro arbustos evaluados tienen características nutrimentales adecuadas para ser utilizadas en la dieta de cabras en pastoreo. En particular destacan, Mezquite (*Prosopis laevigata*), debido a que tuvo la mayor concentración del AG C18:3 *n*-3. Asimismo, Chaparro prieto (*Vachellia constricta*), quien mostró elevados contenidos de los precursores de ácido vaccénico (C18:3 *n*-3 y C18:2 *n*-6). Estos arbustos forrajeros pueden ser considerados en dietas que tengan el objetivo de incrementar la concentración de ALC en leche o carne de cabras en pastoreo.

## Literatura Citada

- Alva-Pérez, J.; López-Corona, L. E.; Zapata-Campos, C. C.; Vázquez-Villanueva, J. y Barrios-García, H. B. 2019. Condiciones productivas y zoonosanitarias de la producción caprina en el altiplano de Tamaulipas, México. *Interciencia*. 44(3):154-160
- Armenta-Quintana, J. A.; Ramírez-Orduña, R.; Ramírez, R. G. and Romero-Vadillo, E. 2011. Organic matter and crude protein ruminal degradation synchrony in diets selected by range goats. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14(1):109-117.
- Boufaïed, H.; Chouinard, P. G.; Tremblay, G. F.; Michaud, R.; Petit, H. V.; Michaud, M. and Bélanger, G. 2003. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Can. J. Anim. Sci.* 83(3):501-511.
- Clapham, W. M.; Foster, J. G.; Neel, J. P. S. and Fedders, J. M. 2005. Fatty acid composition of traditional and novel forages. *J. Agric. Food. Chem.* 53(26):10068-10073.
- Elgersma, A.; Ellen, G.; Van der Horst, H., Muuse, B. G.; Boer, H. and Tamminga, S. 2004. Influence of cultivar and cutting date on fatty acids composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Grass Forage Sci.* 58(3):323-331.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p
- Gómez-Cortés, P.; Ángel de la Fuente, M. y Juárez, M. 2019. Ácidos grasos trans y ácido linoleico conjugado en alimentos: origen y propiedades biológicas. *Nutr. Hosp.* 36(2):479-486.
- Granados-Rivera, L. D.; Hernández-Mendo, O. and Maldonado-Jáquez, J. A. 2020. Energy balance in lactating goats: Response to mixture of conjugated linoleic acid. *Anim. Sci. J.* 91(1):1-9.

- Griinari, J. M.; Corl, B. A.; Lacy, S. H.; Chouinard, P. Y.; Nurmela, K. V. and Bauman D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase. *J. Nutr.* 130(9):2285-2291.
- Kim E. J.; Huws S. A.; Lee, M. R. F.; Wood, J. D.; Muetzel, S. M.; Wallace, R. J. and Scollan, N. D. 2008. Fish oil increases the duodenal flow of long chain polyunsaturated fatty acids and trans-11 18:1 and decreases 18:0 in steers via changes in the rumen bacterial community. *J. Nutr.* 138(5):889-896.
- Lahlou, M. N.; Kanneganti, R.; Massingill, L. J.; Broderick, G. A.; Park, Y.; Pariza, M. W.; Ferguson, J. D. and Wu, Z. 2014. Grazing increases the concentration of CLA in dairy cow milk. *Animal* 8(7):1191-1200.
- Maldonado-Jáquez, J. A.; Granados-Rivera, L. D.; Hernández-Mendo, O.; Pastor-López, F. J.; Isidro-Requejo, L. M.; Salinas-Gonzalez, H. y Torres-Hernández, G. 2017. Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova Scientia* 9(18):55-75.
- Mandujano S; Barrera-Salazar, A. y Vergara-Castrejón A. 2019. Similitud de especies de plantas consumidas por rebaños de cabras en el bosque tropical seco de la Cañada, Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 10(2):490-505.
- Mosley, E. E.; Shafii, B.; Moate, P. J. and McGuire, M. A. 2006. Cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid is synthesized directly from vaccenic acid in lactating dairy cattle. *J. Nutr.* 136(3):570-575.
- Prieto-Manrique, E.; Mahecha-Ledesma, L.; Ángulo-Arizala, J. y Vargas-Sánchez J. E. 2016. Efecto de la suplementación lipídica sobre ácidos grasos en leche de vaca, énfasis en ácido ruménico. *Agronomía Mesoamericana*, 27:421-437.
- Sinclair, A. J.; Attar-Bashi, N. M. and Li, D. 2002. What is the role of alphalinolenic acid for mammals? *Lipids* 37(12):1113-1123.
- Siurana, A. and Calsamiglia, S. 2016. A metaanalysis of feeding strategies to increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy cattle milk and the impact on daily human consumption. *Anim. Feed Sci. Technol.* 217:13-26.
- Toyes-Vargas, E. A.; Murillo-Amador, B.; Espinoza-Villavicencio, J. L.; Carreón-Palau, L. y Palacios-Espinosa, A. 2013. Composición química y precursores de ácidos vaccénico y ruménico en especies forrajeras en Baja California Sur, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 4(3):373-386.
- Ursin, V. M. 2003. Modification of plant lipids for human health: Development of functional land-based omega-3 fatty acids. *J. Nutr.* 133(12):4271-4274.
- Verma, D. K. and Srivastav, P. P. 2020. Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa* L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. *Trends in Food Sci. Technol.* 97:355-365.
- Zapata-Campos, C. C. y Mellado-Bosques, M. A. 2021. La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido, *CienciaUAT.* 15(2):169-185.

## EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA SOBRE LAS COMUNIDADES BACTERIANAS DEL SUELO

Kassandra Santellanez-Arreola<sup>1\*</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>2</sup>, Vicenta Constante-García<sup>2</sup>, Miguel Ángel Martínez-Gamiño<sup>3</sup>, Jesús Arreola-Ávila<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas, km 40 Ctra. Gómez Palacio - Cd. Juárez, Chih., Bermejillo, Dgo. 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. Canal del Sacramento km. 6.5, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Región Noreste, Campo Experimental Rio Bravo Ctra. Matamoros - Reynosa Km. 61, C.P. 88900, Rio Bravo, Tamaulipas. \*Autor de correspondencia: ksantellaneza@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

Las prácticas de labranza en sistemas de producción agrícola, hacen uso de diferentes herramientas con el objetivo de remover la superficie edáfica y aumentar el intercambio de materia orgánica del suelo (MOS) (García *et al.*, 2018). Pero, el aumento desmesurado de las remociones aumenta la probabilidad de erosión y compactación del suelo (Leyva *et al.*, 2014). También repercuten en los microorganismos del suelo, que son sensibles a las perturbaciones causadas por el manejo al que es sometido el sistema edáfico. Por lo que sus alteraciones poder ser tomadas en cuenta como una herramienta para descubrir cambios en la recuperación del sistema (Silva *et al.*, 2018). Los cambios en la comunidad bacteriana del suelo pueden afectar la mineralización y descomposición de la materia orgánica. Debido a que, las bacterias del suelo representan un amplio porcentaje de la cantidad total de microorganismos del suelo. Los cuales, además de generar servicios ecosistémicos, participan directa o indirectamente en los procesos bioquímicos del suelo, contribuyen al ciclo de nutrientes y la transformación de energía en el suelo (Martínez *et al.*, 2016).

Estudios anteriores han encontrado que la ausencia de labranza y la incorporación de residuos vegetales aumentan la biomasa microbiana del suelo, las comunidades bacterianas y las actividades enzimáticas en el suelo, además de contribuir a la conservación de carbono (C) en el suelo a causa alteración reducida del suelo y la lenta descomposición del C orgánico (Li *et al.*, 2018). Por lo que se ha optado aplicar estrategias de uso de suelo sustentables para los procesos de cultivo y de esta manera obtener una mejora sobre las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo (Martínez *et al.*, 2018). Poco se ha explorado sobre la influencia de la agricultura de conservación (AC) sobre los microorganismos del suelo y su abundancia, lo cual podría ampliar la perspectiva de su influencia sobre la estabilidad y calidad del recurso edáfico. El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia a largo plazo de diferentes prácticas de labranza sobre el bacterioma del suelo.

## Materiales y Métodos

*Área de estudio.* El estudio se llevó a cabo en el lote experimental en el Campo Experimental INIFAP, ubicado en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. Se evaluaron siete tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar y dos repeticiones. Cada tratamiento se estableció en parcelas de 10 surcos a 0.80 m entre sí o cinco camas de 1.60 m por 30.0 m de largo. (Tabla 1), los cuales han estado bajo manejos por 25 años. Los tratamientos se realizaron antes de la siembra de maíz (Ceres XR-45, 69,000 plantas/ha), avena (Cuauhtémoc, 60 kg/ha) y triticale forrajero (Arne, 60 kg/ha) asociado con chícharo (20 kg/ha). Para maíz, se fertilizó con la fórmula 200-100 00, mientras que para avena y triticale forrajero se empleó el tratamiento de fertilización 90-40-00. En todos los cultivos se aplicó el 50% del nitrógeno y 100% del fósforo en la siembra y el 50% restante de nitrógeno en la primera escarda.

*Disposición de muestra.* Se tomaron aleatoriamente al azar 3 submuestras de suelo de 0–10 cm. En cuanto al análisis de las comunidades bacterianas del suelo rizosférico, se tomaron 3 muestras que se depositaron en microtubos de 2 ml para lisis BashingBead™ con 750 ul de buffer lisante/estabilizador Xpedition™ Zymo Research™ e inmediatamente agitadas en un disruptor celular (TerraLyzer™).

*Estudio de las comunidades bacterianas del suelo.* La extracción de ADN se realizó mediante el kit DNA Zymobiomics MiniPrep de Zymo Research™. La amplificación se llevó a cabo a con el empleo de las regiones V3 y V4 del gen 16S rRNA con los primers sugeridos por Klindworth *et al.* (2013). Las secuencias se mandaron sintetizar con los adaptadores “overhang” del protocolo de Illumina (Illumina, 2017). Posteriormente, los amplicones se etiquetaron utilizando el Nextera XT Index Kit™ para la creación de las bibliotecas, siguiendo el protocolo de Illumina (Illumina, 2019). Finalmente, se realizó la cuantificación, normalización (equimolaridad), la agrupación de las bibliotecas y la secuenciación masiva de siguiente generación (MiSeq Illumina® de 2 × 250 lecturas de final pareado) siguiendo el protocolo para metagenómica 16S (Illumina, 2017).

*Análisis estadístico.* Las secuencias de ADN fueron analizadas utilizando el software bioinformático Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME) v.1.9.0 (Caporaso *et al.*, 2010) siguiendo la metodología descrita por García-De la Peña *et al.* (2019). Se generaron tablas de abundancia relativa de OTUs a nivel de phylum y género con el comando summarize taxa que luego se graficaron en R Studio. Se calculó la diversidad beta utilizando el índice de Bray-Curtis (Beals, 1984); esta matriz de diversidad beta se utilizó para llevar a cabo una prueba Permanova ( $p < 0.05$ ) para probar diferencia significativa de la microbiota entre tratamientos. La diversidad alfa se calculó con los índices de Shannon y Simpson.

Tabla 1. Descripción de tratamientos

<b>T1. Barbecho+ rastra.</b>	<b>Es el tratamiento tradicional de preparación del suelo (Se voltea el suelo de 25 a 30 cm de profundidad).</b>
<b>T2. Rastra.</b>	Rastra (los discos de la rastra penetren como mínimo 12 cm de profundidad).
<b>T3. Multiarado.</b>	De 1995 a 2018 se trabajó con rastra y labranza vertical. Su manejo actual es de labranza cero.
<b>T4. Labranza cero + 0% cobertura.</b>	Labranza cero sin cobertura de rastrojo. Siembra directa.
<b>T5. Labranza cero + 33% cobertura.</b>	Labranza cero con 33% de cobertura (1.3 t/ha de rastrojo anual).
<b>T6. Labranza cero + 66% cobertura.</b>	Labranza cero con 66% de cobertura (2.6 t/ha de rastrojo anual).

### Resultados y discusión.

La media de las secuencias obtenidas de los tratamientos de suelo fue de 105, 398, en cuanto a las secuencias ensambladas se obtuvo una media de 47, 415, y un promedio de 65, 165 secuencias desechadas, se eliminó una media de 860 quimeras, obteniendo así una media de 42, 802 secuencias de calidad. Luego de realizar la asignación taxonómica, se un promedio de 36, 249 secuencias bacterianas y después de descartar singletons fue de 14, 982 (Tabla 2). El número de OTUs bacterianos de las muestras, alcanzó una asíntota cerca de las 10, 000 secuencias.

Tabla 2. Información sobre secuencias

Muestra	ST	SE	SD	QE	SC	SB	SBSS
T1	88986	77052	55027	1229	54070	45052	18043
T2	96823	36244	60579	484	35629	28738	10662
T3	110814	40994	69820	647	40189	33610	12816
T4	113980	50807	63173	884	49738	44355	21674
T5	106341	39717	66624	1323	38254	31245	10708
T6	115445	39679	75766	592	38932	34493	15989
Media	105398	47415	65165	860	42802	36249	14982

*ST=Secuencias totales, SE= Secuencias ensambladas, SD=Secuencias Descartadas, QE=Quimeras eliminadas, SC= Secuencias de calidad sin quimeras, SB= Secuencias bacterianas (asignación taxonómica), SBSS= Secuencias bacterianas sin singletons.*

Mediante el empleo de la matriz de diversidad beta de Bray-Curtis, se obtuvo una diferencia significativa entre tratamientos de labranza. (Permanova: pseudo-F = 1.42, p = 0.012). La media del índice de diversidad Shannon fue de 9.63 y la de Simpson fue de 0.99. No se

observó diferencia significativa entre sexos en ninguno de los índices de diversidad alfa (Shannon:  $t = 0.02$ ,  $p = 1$ ; Simpson:  $t = 0.03$ ,  $p = 1$ ).

Se registraron 24 phylum, de los cuales los principales fueron: Actinobacteria ( $x = 35\%$ ), Proteobacteria ( $x = 32\%$ ), Chloroflexi (16%), Planctomycetes (9%) (Figura 1). Existió un mayor porcentaje de Actinobacteria en los tratamientos T1, T2, T3, y T4, los cuales están basados en labranza convencional, aunque el tratamiento 4 está basado en labranza cero, este mismo no cuenta con cobertura vegetal. Mientras que en los tratamientos 5 y 6 existió un mayor porcentaje del phylum Proteobacteria.

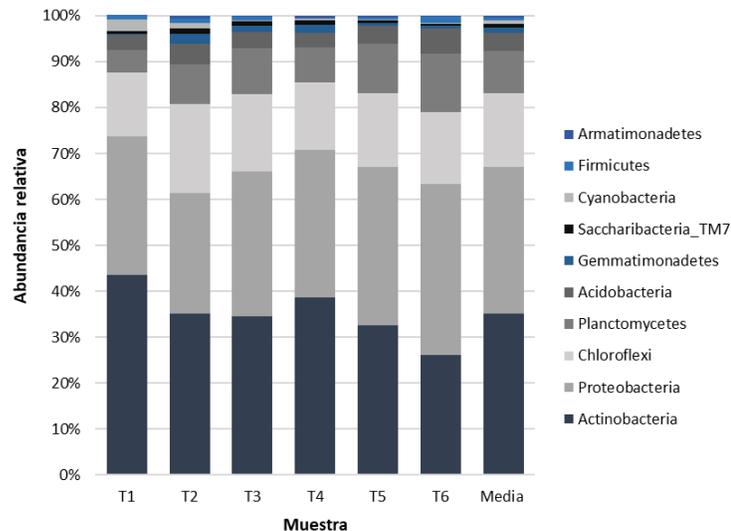


Figura 1. Abundancia relativa de los phylum principales.

Las actinobacterias tienen un papel fundamental en la descomposición de los materiales orgánicos del suelo, como la celulosa y la quitina (Stevenson & Hallsworth, 2014). Además, se demostró que los miembros de este phylum tenían la capacidad de producir esporas, lo que aumentó la capacidad de este grupo para resistir los eventos de perturbación (Ventura, *et al.*, 2007). Lo que podría ayudar a explicar su presencia predominante en los tratamientos convencionales en el presente estudio. Mientras que, la población del phylum Proteobacteria ha sido considerado muy versátil en cuanto a actividades metabólicas, ya que puede responder de manera significativa cuando se adiciona alguna fuente de carbono (Ferrier *et al.*, 2007). Ya que, en un ambiente de carbono total más alto, las Proteobacterias abarcan una enorme diversidad metabólica. Lo cual, puede relacionarse a la administración de enmiendas vegetales en los tratamientos de labranza de conservación, aumentando el porcentaje de MOS en las capas superficiales del suelo. Además, las proteobacterias participan en el ciclo del nitrógeno del suelo (Araujo *et al.*, 2012), lo que coincide con el estudio realizado por Dong *et al.*, 2017.

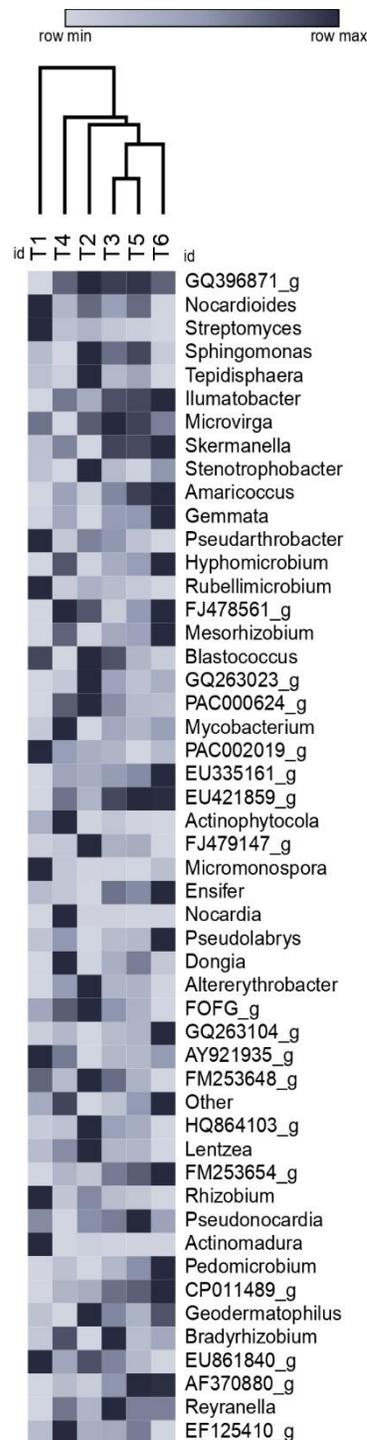


Figura 2. Mapa de calor de los principales géneros.

Se registraron 733 géneros, de los cuales los principales fueron; *GQ396871\_g* (6%) perteneciente al phylum Chloroflexi, *Nocardioides* (5%), *Streptomyces* (5%), *Sphingomonas* (4%), *Tepidisphaera* (4%). El mapa de calor de los géneros cuya abundancia fue mayor a 0.5% se representa visualmente en la Figura 2. En todos los tratamientos existió un mayor porcentaje en la presencia del genero *GQ396871\_g*, a excepción del Tratamiento 1, en el cual el mayor porcentaje fue de *Streptomyces*.

El segundo género más abundante en todos los tratamientos fue *Nocardioides*. Ya que el phylum Chloroflexi fue identificado como una importante comunidad microbiana de la rizosfera y probablemente especializada en la degradación de materia orgánica del suelo antigua o más antigua en la rizosfera (Ai *et al.*, 2015). Además, las poblaciones de Chloroflexi, que se sabe que metabolizan los carbohidratos y las bacterias degradantes de polisacáridos comunes, parecen estar muy extendidas en las bacterias del suelo, creciendo predominantemente en suelos con baja disponibilidad de oxígeno y especializadas en la degradación de polisacáridos (Gschwend *et al.*, 2020). Por lo tanto, se puede comprender porque la abundancia relativa de los géneros pertenecientes al phylum Chloroflexi es mayor en todos los tratamientos, menos en los que están basados en remociones de suelo. Existe una relación positiva entre la abundancia relativa de los géneros *Nocardioides*, y las propiedades químicas del suelo relacionadas con el nitrógeno, materia orgánica y carbono orgánico. Es preciso mencionar que la adición de abonos verdes, propicia el aumento de la propagación de dichos géneros (Mukherjee *et al.*, 2014; Zhalnina *et al.*, 2015), tal como en el estudio realizado por Zhao *et al.*, 2019.

## Conclusiones.

La diversidad entre tratamientos es muy similar, pero la abundancia difiere entre tratamientos. Las prácticas de labranza tienen un impacto directo en las propiedades físico-químicas del suelo, lo que en relación afecta las comunidades microbianas presentes en él. Específicamente, la labranza de conservación propicia la proliferación de microorganismos que juegan un papel crucial para la conservación de carbono en el suelo, como servicio ecosistémico.

## Literatura Citada.

- Ai, C., Liang, G., Sun, J., Wang, X., He, P., Zhou, W., & He, X. (2015). Reduced dependence of rhizosphere microbiome on plant-derived carbon in 32-year long-term inorganic and organic fertilized soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 80(40975095), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.09.028>
- Araujo, A. S. F., Leite, L. F. C., De Freitas Iwata, B., De Andrade Lira, M., Xavier, G. R., & Do Vale Barreto Figueiredo, M. (2012). Microbiological process in agroforestry systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 215–226. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0026-0>
- Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., Fierer, N., Peña, A. G., Goodrich, J. K., Gordon, J. I., Huttley, G. A., Kelley, S. T., Knights, D., Koenig, J. E., Ley, R. E., Lozupone, C. A., McDonald, D., Muegge, B. D., Pirrung, M., ... Knight, R. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nature Methods*, 7(5), 335–336. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>
- Dong, W., Liu, E., Yan, C., Tian, J., Zhang, H., & Zhang, Y. (2017). Impact of no tillage vs. conventional tillage on the soil bacterial community structure in a winter wheat cropping succession in northern China. *European Journal of Soil Biology*, 80, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.03.001>

- Ferrier, S., Manion, G., Elith, J., & Richardson, K. (2007). Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Diversity and Distributions*, 13(3), 252–264. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00341.x>
- García-De la Peña, C., Garduño-Niño, E., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., Barrows, C. W., Gomez-Gil, B., & Valenzuela-Núñez, L. M. (2019). Comparison of the fecal bacterial microbiota composition between wild and captive bolson tortoises (*Gopherus flavomarginatus*). *Herpetological Conservation and Biology*, 14(3), 587–600.
- García R., D. Y., Cárdenas H., J. F., & Silva Parra, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.79>
- Gschwend, F., Aregger, K., Gramlich, A., Walter, T., & Widmer, F. (2020). Periodic waterlogging consistently shapes agricultural soil microbiomes by promoting specific taxa. *Applied Soil Ecology*, 155(April), 103623. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103623>
- Illumina. (2017). 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation.
- Illumina. (2019). Nextera XT DNA Library Prep Kit Reference Guide (15031942).
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., & Glöckner, F. O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Research*, 41(1), 1–11. <https://doi.org/10.1093/nar/gks808>
- Leyva, S. L., Masaguer, A., & Baldoquin, A. (2014). Sistemas de labranza en la producción de pastos. Efecto de sistemas de labranza en luvisoles dedicados a la producción de pastos. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 408–412.
- Li, Y., Chang, S. X., Tian, L., & Zhang, Q. (2018). Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 121(October 2017), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.024>
- Martínez-Peña, M. D. ., Lara-Aguilera, J., Cadena-Zamudio, J. D., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Vega, H., & Arteaga-Garibay, R. I. (2016). Microbiota rizosférica de un cultivo mixto de maíz (*Zea mays* L.) en los altos de Jalisco: estudio descriptivo. *Agroproductividad*, 9(8), 65–70.
- Martínez Gamiño, M. Á., Jasso Chaverria, C., Osuna Ceja, E. S., Reyes Muro, L., Huerta Díaz, J., & Figueroa Sandoval, B. (2018). Efecto del fertirriego y labranza de conservación en propiedades del suelo y el rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 937. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i6.880>
- Mukherjee, S., Juottonen, H., Siivonen, P., Lloret Quesada, C., Tuomi, P., Pulkkinen, P., & Yrjälä, K. (2014). Spatial patterns of microbial diversity and activity in an aged creosote-contaminated site. *ISME Journal*, 8(10), 2131–2142. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.151>
- Silva Parra, A., Mogollón Ortiz, Á. M., & Delgado Huertas, H. (2018). Soil microbiota: Influence of different land use patterns and soil management factors at Villavicencio Oxisol, East Colombia. *Biota Colombiana*, 18(| 2), 1–11. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18.n02.a1>
- Stevenson, A., & Hallsworth, J. E. (2014). Water and temperature relations of soil Actinobacteria. *Environmental Microbiology Reports*, 6(6), 744–755. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12199>
- Zhalnina, K., Dias, R., de Quadros, P. D., Davis-Richardson, A., Camargo, F. A. O., Clark, I. M., McGrath, S. P., Hirsch, P. R., & Triplett, E. W. (2015). Soil pH Determines Microbial Diversity and Composition in the Park Grass Experiment. *Microbial Ecology*, 69(2), 395–406. <https://doi.org/10.1007/s00248-014-0530-2>
- Zhao, F., Zhang, Y., Dong, W., Zhang, Y., Zhang, G., Sun, Z., & Yang, L. (2019). Vermicompost can suppress *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* via generation of beneficial bacteria in a long-term tomato monoculture soil. *Plant and Soil*, 440(1–2), 491–505. <https://doi.org/10.1007/s11104-019>

## CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES EN LA FAMILIA *Cactaceae* UTILIZANDO COMO MARCADOR EL FRAGMENTO *rbcl*.

<sup>1</sup>Diego Armando Parra Valdes, <sup>2</sup>Flor Cristina Pacheco Reyes, <sup>3</sup>Lihua Wei,  
<sup>4</sup>Rosalinda Mendóza Villareal, <sup>5</sup>Miguel Ángel Pérez Rodríguez\*

<sup>1</sup>Programa de Ingeniero en Biotecnología-UAAAN, <sup>2</sup>Programa de Posgrado REFIZA-UAAAN, <sup>3</sup>Centro de Biotecnología genómica-IPN, <sup>4</sup>Depto. de Horticultura-UAAAN, <sup>5</sup>Depto. de Botánica UAAAN.\*Autor de correspondencia: miguel\_cbg@hotmail.com

### Introducción

La familia *Cactaceae* es originaria del continente americano, consta de aproximadamente 4,000 especies. México cuenta con un total de 675 especies, de las cuales el 84% son endémicas (Gámez, *et al.*, 2017). Su mayor distribución abarca los estados Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Coahuila y el Desierto Chihuahuense, el estado de Coahuila cuenta con unas 130 especies de cactáceas (Villavicencio, *et al.*, 2010). Las condiciones climáticas, fisiográficas y extensión del estado de Coahuila representan un reto para el estudio de la diversidad biológica y conservación de las especies de dicha familia. Una problemática recurrente es la identificación de especies de cactus, debido a que son un grupo de especies estrechamente emparentadas (Mauseth, Kiesling & Ostolaza, 2002).

El uso de herramientas genéticas, concretamente el uso de secuencias de fragmentos de ADN estandarizados ha demostrado ser potencialmente útil en la identificación de especies. Para ello se utilizan regiones de ADN que consisten en secuencias cortas que son utilizadas como etiquetas para la identificación rápida de especies las cuales son conocidas como "Código de Barras de ADN" (W. John Kress, *et al.* 2015). Se han identificado códigos de barras para plantas como los fragmentos *matK*, *rbcl* e *ITS2*, una de las grandes problemáticas es que se ha tratado de generar un marcador universal para plantas pero ninguno de los loci funcionan en todas las especies (Li, X., Yang, *et al.* 2015).

En el presente trabajo se utilizó el marcador *rbcl* para identificar especies de la familia *cactaceae*. La región *rbcl* ha sido utilizada ampliamente presentando varias ventajas como: fácil de amplificar, secuenciar y alinear. Sin embargo, su utilidad en la discriminación de especies aun es cuestionable, debido a una baja variación intraespecífica (Fazekas *et al.*, 2008).

### Materiales y Métodos

*Colecta de muestras en campo.* Se determinaron los puntos de colecta ubicados en la región sureste del estado de Coahuila, México (Villarreal *et al.* 2008). Se colectaron 3 g. de tejido de brotes jóvenes que fueron preservados en alcohol de 96°. Los comprobantes de herbario se depositaron en el Herbario Antonio Narro, Saltillo, México (ANSM). Con base en la identificación morfológica se seleccionaron tres ejemplares por especie para el análisis genético.

Se realizó extracción de ADN genómico de las muestras seleccionadas, mediante el método modificado de CTAB (Sharma et al. 2003). La concentración y calidad del ADN extraído se verificó mediante electroforesis en gel de agarosa al 0.8%. Se llevó a cabo reacción en cadena de la polimerasa (PCR) usando cebadores específicos para el fragmento *rbcL* previamente documentados (Kress et al. 2009). La PCR se llevó a cabo utilizando la mezcla comercial GoTaq Green Master Mix, 2XTM (Promega, USA), según las especificaciones del fabricante. Los productos de PCR amplificados se verificaron por medio de electroforesis en gel de agarosa (0.8%). Los productos de PCR fueron purificados utilizando el sistema comercial Wizard SV Gel and PCR Clean Up System™ (Promega, USA). Se enviaron 300 ng de producto de PCR de cada muestra al servicio de secuenciación PlateSeq Service (Eurofins™, USA).

*Análisis de código de barras de ADN.* Para evaluar el poder discriminatorio de la región de ADN analizada, se utilizaron los métodos de BLAST y unión de vecinos cercanos. Para la identificación con BLAST, se creó una base de datos con las secuencias de consulta y mediante la herramienta de BLASTn (NCBI, 2021) se realizó un BLAST considerando un valor de  $E < 1 \times 10^{-5}$  y aciertos máximos de 98 a 100% con una especie (Ross et al. 2008). La unión del vecino más cercano (Saitou y Nei 1987) evaluó el poder discriminatorio mediante el cálculo de proporción de especies, con base en la matriz de distancia bajo el método de 2 parámetros de Kimura (K2P) (Kimura, 1980). Los árboles se construyeron en MEGA X (Kumar et al. 2018 y Stecher et al. 2020).

## Resultados y Discusión

Colecta en campo. En tres localidades de la región sureste del estado de Coahuila (Saltillo, Pilar de Richardson y Estación Carneros), fueron colectadas un total de 20 muestras las cuales provienen de cuatro especies de la familia *Cactaceae* (Figura 1).



Figura 1. Especies de la familia *Cactaceae* colectadas en campo A) *Ferocactus hamathacanthus*, B) *Mammillaria chionocephala*, C) *Mammillaria heyderi*, D) *Scleroacanthus scherii*

Extracción, amplificación y secuenciación. Se logró la extracción de ADN de manera exitosa en el 100% de las muestras analizadas. Así mismo, la amplificación con cebadores *rbcL* logró una tasa de éxito del 100%. Por otro lado, el porcentaje de recuperabilidad de secuencias fue del 93%.

La extracción de ADN en cactáceas es un método relativamente complejo, dado que, hay una gran presencia de metabolitos secundarios como polisacáridos en la planta, llega a formar un complejo inhibitorio en los ácidos nucleicos. Este tipo de plantas presentan mucílago generando mayor viscosidad, dificultando el proceso de extracción como amplificación genómica por PCR (Castro-Félix P, *et al*, 2008).

Características de las secuencias. La matriz construida a partir de las secuencias analizadas mostró una longitud de secuencia alineada de 500 pb con un total de siete sitios informativos (1%) (Tabla 2). En otros estudios los autores mencionan que la región *rbcl* se encuentra entre un rango de 500 a 600 pb.

Análisis de código de barras. El método de BLAST generó diferentes porcentajes de identificación a nivel género y especie. *Ferocactus* logró una identificación del 99.88%, mientras que *Mammillaria* generó una identificación del 100% siendo ambos a nivel de género, por otro lado *Sclerocactus* logro una identificación del 100% a nivel de especie. En otros estudios diversos autores consideran el porcentaje de identificación a partir del 98%, abarcando mayormente el porcentaje de identidad.

Tabla 2. Resumen variabilidad de *rbcl* en código de barras de ADN.

Marcador	Longitud de secuencias	Longitud de secuencias alineadas	Contenido de G + C (%)	No. De sitios conservados (%)	No. De Sitios Variables (%)	No. De sitios Informativos (%)
<i>rbcl</i>	511-552	517	22.10%	510 (98%)	07 (1%)	07 (1%)

Por otro lado, la figura 2 nos muestra la topología del dendrograma generado a partir de la metodología de unión de vecinos cercanos, la cual, muestra la formación de tres clados monofileticos en los cuales se aprecia la separación por grupos de especies, por un lado se agrupa el género *Mammillaria*, clado pertenece al género *Sclerocactus*, finalmente en un clado distinto se agrupa el género *Ferocactus*.

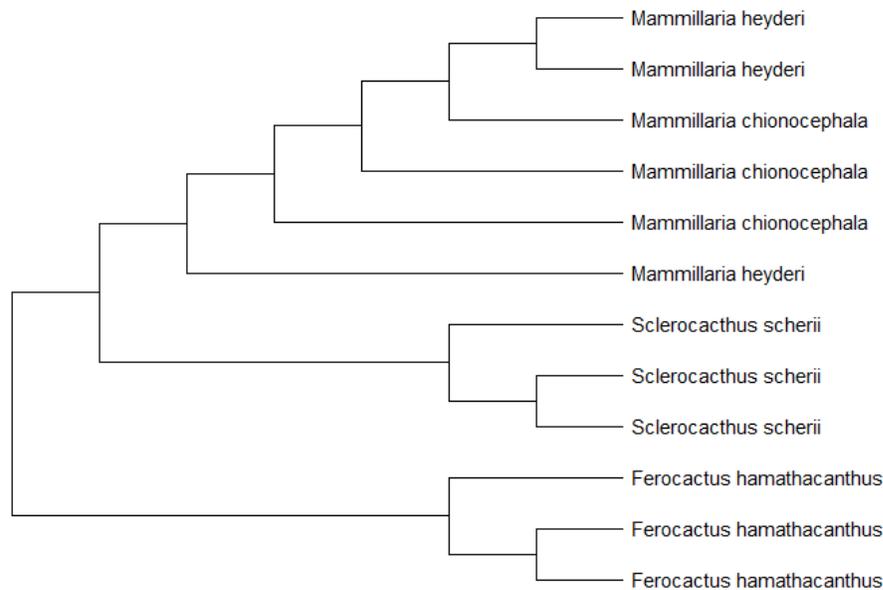


Figura 2. Dendrograma de especies *Cactaceae* a partir de un análisis de vecinos cercanos usando la región *rbcL* y con base en la distancia genética K2P.

## Conclusión

En este estudio el uso del marcador *rbcL* permitió la caracterización molecular en las especies de catáceas estudiadas y con base en los análisis bioinformáticos se obtuvieron altos porcentajes de identificación con las secuencias generadas en este estudio.

## Literatura Citada

- Villavicencio G., E. E., A. Arredondo G., M. A. Carranza P., O. Mares A., S. Comparan S., y A. González C. 2010. Cactáceas Ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México. INIFAP. México. 344 p.
- Kress, W. J., García-Robledo, C., Uriarte, M., & Erickson, D. L. (2015). DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation. *Trends in ecology & evolution*, 30(1), 25-35.
- Li, X., Yang, Y., Henry, R. J., Rossetto, M., Wang, Y., & Chen, S. (2015). Plant DNA barcoding: from gene to genome. *Biological Reviews*, 90(1), 157-166.
- Fazekas, A. J., Burgess, K. S., Kesanakurti, P. R., Graham, S. W., Newmaster, S. G., Husband, B. C., ... & Barrett, S. C. (2008). Multiple multilocus DNA barcodes from the plastid genome discriminate plant species equally well. *PloS one*, 3(7), e2802.
- Pacheco-Reyes, F. C., Wei, L., & Perez-Rodriguez, M. A. (2021). Análisis filogenético de especies de *Quercus* L. utilizando tres códigos de barras de ADN: Filogenia en especies del género *Quercus* L. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2).
- Stecher, G., Tamura, K., & Kumar, S. (2020). Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) for macOS. *Molecular biology and evolution*, 37(4), 1237-1239.

## IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES DE *Quercus* (L.) MEDIANTE EL USO DEL CÓDIGO DE BARRAS DE ADN ITS2

Francisco Javier Hernández Hernández<sup>1</sup>, Flor Cristina Pacheco Reyes<sup>2</sup>, Juan Antonio Encina Domínguez<sup>3</sup>, José Ángel Villareal Quintanilla<sup>4</sup>, Miguel Ángel Pérez Rodríguez<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Ingeniero en Biotecnología-UAAAN, <sup>2</sup>Programa de Posgrado REFIZA-UAAAN, <sup>3</sup>Depto de Recursos Naturales-UAAAN, <sup>4</sup>Depto. de Botánica UAAAN. \*Autor de correspondencia: miguel\_cbg@hotmail.com

### Introducción

En México, el Desierto Chihuahuense abarca parte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, entre otros. El estado de Coahuila presenta una orografía diversa, esta condición permite que exista una gran diversidad de comunidades vegetales (González-Medrano, 2012). En los sistemas montañosos de este estado se distribuye la familia Fagaceae, con especies que destacan por su gran diversificación, ecología y alto valor económico (Nixon, 2006).

El género *Quercus* es un miembro de la familia *Fagaceae*, dentro del cual se reconocen dos subgéneros de acuerdo a la clasificación actual; *Cyclobalanopsis* y *Quercus* (Nixon, 1993). Este último comprende cuatro secciones: encinos blancos (sección *Quercus*), encinos rojos (sección *Lobatae*), encinos intermedios o dorados (sección *Protobalanus*) y la sección *Cerris* (Nixon 1993, 2006; Manos y Stanford, 2001). Generalmente la sección *Quercus* se distribuye en el hemisferio norte del viejo mundo junto con América, por otro lado las secciones *Lobatae* y *Protobalanus* son endémicas del nuevo mundo, mientras que la sección *Cerris* está restringida a Eurasia y el norte de África (Manos y Stanford, 2001; Nixon, 2006). El género es considerado taxonómicamente complicado, debido a la gran variabilidad morfológica relacionada con factores ambientales, daños físicos ocasionados a las plantas y la edad de los individuos; esto, ha provocado confusiones en la delimitación de las especies, haciéndose necesario el estudio de las poblaciones en su hábitat.

La búsqueda de más caracteres diagnósticos, sobre todo en los aspectos de arquitectura foliar y morfología de las estructuras reproductoras (Romero et al., 2002) muy probablemente contribuirá a afinar los límites taxonómicos. La aplicación de los códigos de barras de ADN, se apoya en que, la variación dentro de las especies es menor con respecto a la variación existente entre estas. Los códigos de barras de ADN se rigen por principios importantes como la estandarización, minimalismo y la escalabilidad. Traducir esto en la selección de regiones de códigos de barras implica elegir uno o algunos loci estándar que puedan secuenciarse de forma rutinaria y confiable en conjuntos de muestras grandes y diversos, lo que resulta en datos fácilmente comparables que permiten la identificación de especies (Herbert PDN, et al. 2003).

Para facilitar y formalizar la selección de un código de barras en plantas, el Consorcio para el Código de Barras de la Vida (CBOL) fomentó la investigación, agrupación y el análisis conjunto de datos, evaluando los marcadores candidatos en función de tres criterios universalidad, calidad de secuencia y poder discriminatorio. Por lo anterior, en 2009 propusieron el uso de dos regiones codificantes del genoma del cloroplasto, *rbcl* y *matK*, como un “código de barras central” para la identificación de plantas, además de la región ITS e ITS2 (CBOL, 2009).

La región ITS exhibe una alta resolución molecular para una variedad de especies de plantas con semillas (Wang et al. 2015) y recientemente para las angiospermas leñosas comerciales (Bolson et al. 2015). Sin embargo, a pesar de su alto poder discriminatorio, los ITS pueden no funcionar bien para todos los grupos de plantas debido a la baja universalidad atribuida principalmente a la calidad de los cebadores (Han et al. 2013). Para evitar este problema, la región ITS2 que forma parte del espaciador transcrito interno se ha utilizado ampliamente como marcador taxonómico molecular, esta región tiene ventajas definidas debido a que es más corta (400 pb), son fácilmente amplificables usando un par de cebadores universales y con alta capacidad discriminatoria (Han et al. 2013). Chen et al. (2010) validaron la región ITS2 como un poderoso marcador de códigos, demostraron una alta tasa de identificación a nivel de especie y género.

El acuerdo sobre un código de barras universal es necesario para que esta herramienta molecular avance hacia la creación de un recurso comunitario compartido. Por lo anterior mencionado, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar molecularmente especies del género *Quercus*, para probar el poder discriminatorio de la región ITS2 en estas especies.

## **Materiales y Métodos**

*Colecta de muestras en campo.* Se establecieron puntos de colecta en la región sureste del estado de Coahuila, México (Villarreal et al. 2008). Se colectaron 5 g de tejido foliar de hojas aparentemente sanas y de brotes jóvenes que fueron preservados en alcohol de 96°. Los comprobantes de herbario se depositaron en el Herbario Antonio Narro, Saltillo, México (ANSM). *Extracción, amplificación y secuenciación de ADN.* Se realizaron extracciones de ADN genómico mediante el método modificado de CTAB (Sharma et al. 2003). La concentración y calidad del ADN extraído se comprobó mediante electroforesis en gel de agarosa al 0.8%.

El ADN se conservó a -20 °C para su análisis posterior. Se llevó a cabo la amplificación de los códigos de barras usando los cebadores ITS2 (Chen et al. 2010). La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó utilizando la mezcla comercial GoTaq Green Master Mix, 2XTM (Promega, USA), según las especificaciones del fabricante. Los productos de PCR amplificados se verificaron por medio de electroforesis en gel de agarosa (0.8%). Se enviaron 200 ng de producto de PCR de cada muestra al servicio de secuenciación LANGEBIO, CINVESTAV, Irapuato, Guanajuato, México. *Análisis de código de barras de ADN.*

Se creó una base de datos con las secuencias de referencia pertenecientes a especies del género *Quercus* considerando las secciones *Quercus* y *Lobatae*, descargadas del repositorio NCBI (2021). Para evaluar la efectividad del poder discriminatorio de la región de ADN analizados, se utilizaron los métodos de BLAST y unión de vecinos cercanos. Para la identificación con BLAST, se creó una base de datos con las secuencias de consulta y mediante la herramienta de BLASTn (NCBI, 2021) se realizó un BLAST considerando un valor de  $E < 1 \times 10^{-5}$  y aciertos máximos de 98 a 100 % con una especie (Ross et al. 2008).

La unión del vecino más cercano (Saitou y Nei 1987) se basó en la matriz de distancia bajo el método de 2 parámetros de Kimura (K2P) (Kimura, 1980). Los árboles se construyeron en MEGA X (Kumar et al. 2018 y Stecher et al. 2020). Se evaluó el desempeño discriminatorio mediante el cálculo de la proporción de especies. Únicamente las especies que formaron un clado monofilético en el árbol se consideraron identificadas con éxito.

## Resultados y Discusión

*Colecta en campo.* En las localidades de la Sierra Zapalinamé y el Jardín Botánico de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro del estado de Coahuila, México, se colectaron 14 especies del género *Quercus* (Figura 1). De las cuales diez pertenecen a la sección *Quercus* y cuatro a la sección *Lobatae* (Villarreal, 2008). *Extracción, amplificación y secuenciación.* La extracción y amplificación variaron de acuerdo a cada tratamiento, siendo los tratamientos 1 y 3 en donde se obtuvieron los porcentajes más altos de extracción (92.85%). Mientras que, la amplificación resultó mejor en los tratamientos 1 y 2. (Tabla 1).

La secuenciación se realizó a ocho especies con un porcentaje de recuperabilidad total del 75%. Resultados similares fueron reportados por Pacheco *et. al.*, (2021) en un estudio con cebadores ITS2, obtuvieron secuencias de alta calidad en un 86% de las muestras analizadas en especies de encinos. *Análisis de código de barras.* Los resultados indican que, el método de BLAST proporcionó un alto porcentaje de identificación a nivel de género (98.88%). Mientras que el análisis de unión de vecinos cercanos mostró un porcentaje de discriminación del 100% de acuerdo a las secciones analizadas (*Quercus* y *Lobatae*).

La figura 2 muestra la topología del dendrograma generado, en el cual, se observa la separación de clados monofiléticos acorde a las especies analizadas. Resultados similares se han obtenido en diferentes grupos de plantas (Amandita et al. 2019 y Chen et al. 2010). Pacheco et al. (2021), obtuvieron porcentajes cercanos al 80% de discriminación en especies del género *Quercus*.



Figura 1. Fotorgrafías de especies colectadas en campo, (a) *Quercus greggii*, (b) *Quercus rubra*.

Tabla 1. Porcentajes de extracción y amplificación en tres tratamientos analizados.

Tratamiento	T1	T2	T3
Extracción	92.85%	85.71%	92.85%
Amplificación	92.85%	92.85%	71.42%

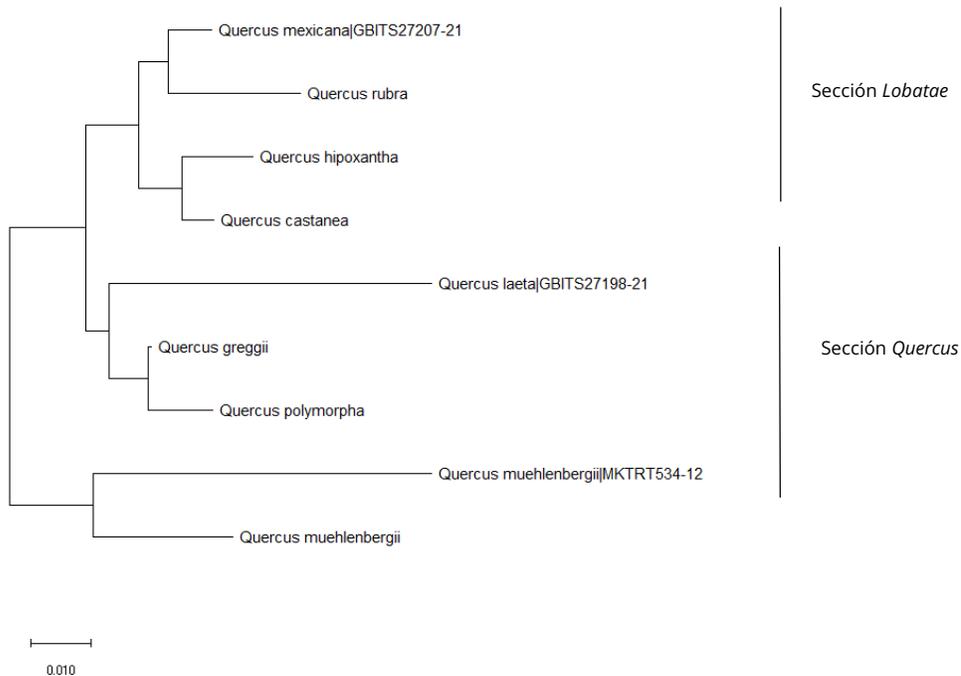


Figura 2. Cladograma para nueve secuencias de especies *Quercus* a partir de un análisis de vecinos cercanos usando la región nuclear ITS2 y con base en la distancia genética K2P.

## Conclusión

El uso de cebadores ITS2 mostró altas de amplificación y recuperabilidad de secuencias en las especies de encinos analizadas. Con base en el análisis de unión de vecinos cercanos, el uso de dicha región como código de barras de ADN mostró una alta eficiencia en la identificación de especies de *Quercus*. Sin embargo, es necesario contribuir a la ampliación de las bases de datos moleculares con especies del taxón en cuestión para lograr así, una identificación de especímenes mas rápida y certera con cualquier método de análisis propuesto.

## Literatura Citada

- Amandita, F. Y., Rembold, K., Vornam, B., Rahayu, S., Siregar, I. Z., Kreft, H., & Finkeldey, R. (2019). DNA barcoding of flowering plants in Sumatra, Indonesia. *Ecology and evolution*, 9(4), 1858-1868.
- BOLDSYSTEMS (2021) BARCODE OF LIFE DATA SYSTEMS. <https://www.boldsystems.org/>
- Chen, S., Yao, H., Han, J., Liu, C., Song, J., Shi, L., ... & Leon, C. (2010). Validation of the ITS2 region as a novel DNA barcode for identifying medicinal plant species. *PloS one*, 5(1), e8613.
- Ganopoulos, I., Kapazoglou, A., Bosmali, I., Xanthopoulou, A., Nianiou-Obeidat, I., Tsaftaris, A., & Madesis, P. (2017). Application of the ITS2 region for barcoding plants of the genus *Triticum* L. and *Aegilops* L. *Cereal Research Communications*, 45(3), 381-389
- González Medrano, F. (2012). Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Hollingsworth, P. M., Graham, S. W., & Little, D. P. (2011). Choosing and using a plant DNA barcode. *PloS one*, 6(5), e19254.
- Nixon, K. C. (2006). Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. In *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 3-13). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pacheco-Reyes, F. C., Wei, L., & Perez-Rodriguez, M. A. (2021). Análisis filogenético de especies de *Quercus* L. utilizando tres códigos de barras de ADN: Filogenia en especies del género *Quercus* L. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2).
- Sharma, R., Mahla, H. R., Mohapatra, T., Bhargava, S. C., & Sharma, M. M. (2003). Isolating plant genomic DNA without liquid nitrogen. *Plant Molecular Biology Reporter*, 21(1), 43-50.
- Valencia-A, S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences*, (75), 33-53.
- Yao, H., Song, J., Liu, C., Luo, K., Han, J., Li, Y., ... & Chen, S. (2010). Use of ITS2 region as the universal DNA barcode for plants and animals. *PloS one*, 5(10), e13102.

## PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PASTO BANDERILLA BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACIÓN Y LABRANZA MÍNIMA EN ZACATECAS (SEXTO AÑO DE EVALUACIÓN)

Francisco Antonio Rubio Aguirre<sup>1\*</sup>, Iván Olvera Leal<sup>2</sup> Jesús Menchaca Carrillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Investigador del Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas, <sup>2y3</sup> PSP en CEZAC-INIFAP. \*Autor de correspondencia: rubio.francisco@inifap.gob.mx

### Introducción

El pasto Banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. es una especie perenne de verano, que se desarrolla en suelos con buen drenaje, poco profundos y pendientes rocosas; se adapta mejor a suelos calcáreos y moderadamente alcalinos, más que a suelos neutros o ácidos. No existe información sobre la producción de semilla de pasto Banderilla en México en períodos de evaluación sostenidos por varios años bajo la tecnología de labranza reducida.

Rubio *et al.*, (2015) reportan dos estudios en parcelas semi-comerciales donde la preparación del terreno fue con labranza tradicional (en volteo, rastreo doble y surcado): el primero, llevado a cabo durante los años 1989 a 1993, bajo siembra directa con semilla, riego y fertilización, obteniendo un promedio de 378.5 kg ha<sup>-1</sup> con el ecotipo INIA-207 y el segundo trabajo, conducido de 1999 a 2003, establecido mediante el método de siembra por “trasplante” usando planta producida bajo invernadero, riego y fertilización, alcanzando rendimientos promedio de: 447.4, 556.2 y 408.3 kg ha<sup>-1</sup>, con las variedades Premier, Chih-75 y el ecotipo INIA-207, respectivamente.

Pero no se han encontrado referencias de producción de semilla de pastos en México bajo labranza reducida. Respecto a la densidad de siembra, los estudios también son escasos. González (1988), no encontró diferencias en la producción de semilla con relación a la densidad de siembra utilizada en el lote de establecimiento, cuando uso un rango de 2.0 a 4.0 kg de semilla pura viable ha<sup>-1</sup>.

Algunas ventajas de reducir la labranza son: ahorro de combustible, tiempo y mano de obra y a nivel de suelo, se incrementa la materia orgánica, se preserva la estructura, se mejora aireación, la infiltración, se previene erosión y se conserva humedad (Baker y Saxton, 2008; Smith *et al* 2009). De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar cuatro densidades de población de un ecotipo de pasto Banderilla en el altiplano Zacatecano, bajo condiciones de mínima labranza durante seis años.

### Materiales y Métodos

El trabajo fue llevado a cabo en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), localizado en Calera de V.R., Zacatecas, Méx., ubicado en los 102° 39' 34" LN y 22° 54' 31.3" LW a 2197 msnm. Temperatura promedio de 14.8 °C; precipitación media de 407.7 mm, evaporación de 2357.5 mm; evapotranspiración potencial de 1609.0 mm.

El suelo es agrícola de textura franca, y en el estrato de 0-10 cm de profundidad el pH es de  $8.18 \pm 0.1$ ; rico en materia orgánica ( $3.83 \pm 0.8\%$ ); pobre en nitrógeno nítrico ( $10.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y nitrógeno amoniacal ( $20.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ); medio en fósforo ( $25.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ); rico en potasio ( $300.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ), extra rico en calcio ( $4000.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y valores medios de magnesio ( $25 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Suelo no salino-no sódico. El origen del pasto data de una colecta de espiguillas realizada por el autor en octubre del 2012, en una planta individual, a la altura del km. 2.5 en el tramo carretero de la comunidad de Talamantes, municipio de Allende, Chih., al entronque de la carretera Panamericana Jiménez - Parral. El ecotipo corresponde a *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. var. *Caespitosa* Gould & Kapadia.

La colecta fue hecha bajo tres criterios empíricos: a) era una planta de porte medio creciendo en un suelo de baja fertilidad a poca distancia de la carpeta asfáltica; b) presentaba abundantes espiguillas con grano de llenado uniforme y c) tenía varias plantas hijas en diferentes etapas de desarrollo creciendo a su alrededor (desde plántulas hasta plantas asemilladas). Dicho material fue trasladado a Zacatecas y durante el año 2015, las semillas fueron puestas a germinar en charolas de poliuretano en un sustrato comercial mezcla de turba (85%) y vermiculita (15%) bajo condiciones de invernadero, en donde permanecieron por un periodo de 70 días, hasta la emisión de raíces abundantes y un buen desarrollo foliar.

El 25 de septiembre del 2015, fueron trasplantadas en campo en las crestas de surcos del año anterior, en un terreno donde no se había hecho ningún movimiento de suelo (no till farming) desde el año 2012. Para poder hacer el trasplante del pasto, el suelo fue humedecido mediante riego con cintilla a saturación, depositando el "cepellón" en forma manual. La superficie total del lote fue de  $180.0 \text{ m}^2$ , la distancia entre surcos fue de 0.76 metros y se colocaron plantas entre hileras a distancias entre cada planta de: 20, 40, 60 y 80 cm, respectivamente, lo cual dio los siguientes tratamientos (densidades de población):  $T_1$ , 65,789;  $T_2$ , 32,895;  $T_3$ , 21,930 y  $T_4$ , 16,447 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. El tamaño de la parcela útil fue de  $1.824 \text{ m}^2$  por cuadruplicado.

El 2015 las plantas fueron apoyadas con varios riegos dirigidos con cintilla plástica; el 2016 fueron aplicados riegos de auxilio a partir de marzo, dando un riego cada mes hasta el establecimiento del temporal (fines de junio); durante los años 2017 y 2018 el lote no recibió ningún riego; el año 2019, se apoyó con riego por goteo a partir del 5 de mayo al mes de junio y los años 2020 y 2021, se aplicaron riegos del mes de abril a principios de junio, aplicando el agua con cintilla plástica con emisores a 20 cm, durante dos días a la semana de 9:00 a 13:30 hrs.

La precipitación de la fecha de establecimiento (25 de septiembre) al 31 de diciembre del 2015 fue de 163.9 mm; y 590.6, 403.5, 572.4, 474.3 y 530.7 mm, para los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020, respectivamente, y un acumulado de 470.8 mm, del 1 de enero al 14 de septiembre del 2021 (fecha de cosecha de semilla).

Respecto a las labores de cultivo, solo el primer año se dio un paso de cultivadora con tractor, para levantar el bordo de los surcos, los años subsecuentes no se ha usado maquinaria en absoluto. Los tres primeros años se hicieron controles de arvenses en forma manual y con azadón, ya que fue muy abundante la presencia de herbáceas tanto de hoja ancha como de hoja angosta, evitando el uso de herbicidas; tampoco se han usado abonos químicos u orgánicos, y no se han detectado plagas ni enfermedades.

La cosecha de semilla fue en forma manual y el residuo de fitomasa aérea es cortado con una desbrozadora a gasolina de arnés y es dejado sobre la superficie del suelo. La cinta de riego es cambiada cada año, debido a que sufre rupturas por roedores. Las variables bajo estudio fueron: peso de semilla en gramos por parcela obtenidas en las fechas de muestreo correspondientes al 10 de noviembre, 19 de diciembre, 6 de septiembre, 10 de septiembre y 14 de septiembre, para los años 2016, 2017, 2019, 2020 y 2021, respectivamente.

El 2017 el lote fue manejado bajo condiciones exclusivas de temporal por falta de recurso para compra de cintilla y el 2018 no se realizó ningún tipo de muestreo por la caída de semilla. En este artículo se reportan los  $\text{kg ha}^{-1}$  de semilla, estimados en base al peso seco de semilla en gramos por parcela útil. Los datos fueron analizados mediante un Diseño de bloques al azar, y la comparación de medias fue con la prueba Tukey al 0.01, con Proc GLM en el programa SAS (SAS, 2008).

## Resultados y Discusión

Debido a la siembra tardía realizada a finales de septiembre del 2015, los pastos no alcanzaron a producir semilla, por tal motivo solo se apuntan los resultados obtenidos del 2016 en adelante (Cuadro 1). El peso de semilla en el primer año de producción (2016), presentó diferencias ( $P \leq 0.01$ ), entre tratamientos, donde los  $T_1$ ,  $T_3$  y  $T_2$ , con más altas densidades de población obtuvieron los mayores rendimientos. El segundo año de estudio (2017), bajo condiciones exclusivas de temporal no fueron encontradas diferencias significativas entre tratamientos ( $P \geq 0.01$ ), observando, sin embargo, que cuando no fueron aplicados riegos al lote experimental, al usar una densidad de 65 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  existe una tendencia a reducir la producción de semilla.

El peso de semilla en el cuarto año de producción (2019) bajo riego por goteo, aplicado durante los meses críticos de falta de lluvia (mayo con 0.3 mm y junio con 45.2 mm), presentó diferencias ( $P \leq 0.01$ ), encontrado que los tratamientos  $T_2$  y  $T_1$ , fueron los que obtuvieron los mayores rendimientos, demostrando con esto que el ecotipo de pasto Banderilla bajo estudio responde de manera adecuada a la aplicación extra de agua, con rendimientos potenciales de 771.6 y 730.5  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente, la información concuerda con la encontrada por Beltrán *et al.*, (2013) en San Luís Potosí, quienes reportan una producción de semilla con la variedad "Diana" en condiciones de riego entre 465.0 y 998.5  $\text{kg de semilla ha}^{-1}$ , con un promedio de 743.3  $\text{kg}$ . El peso de semilla en el quinto año de estudio (2020), muestra que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $P \geq 0.01$ ), siendo los resultados bajos de los cuatro tratamientos en relación al año 2019.

El peso de semilla en el sexto año de estudio (2021), muestra que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $P \geq 0.01$ ), aunque se observó una mayor producción en el T<sub>1</sub>, con 573.1 kg, siendo sucesivamente decreciente en los tratamientos de T<sub>2</sub> al T<sub>4</sub>. Al promediar los cuatro años de estudio bajo riego, el T<sub>1</sub>, obtuvo una media de 455.9 kg ha<sup>-1</sup>, dicha información fue mayor a la obtenida por Sáenz (2015), quien reportó para pasto Banderita 451.0 kg ha<sup>-1</sup>, en el tratamiento testigo sin la aplicación de abonos. Los promedios de cada tratamiento, indican que el rendimiento de semilla es mayor bajo los T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, por tal motivo se sugiere que lotes dedicados a la producción de semilla con labranza reducida, sin aplicación de abonos y con apoyo de riego complementario tengan densidades de población entre 65.7 y 32.8 mil plantas por hectárea, con lo cual se podrían obtener rendimientos promedio de 450.0 kg ha<sup>-1</sup>. Cuando se compara la producción media total del T<sub>1</sub> vs T<sub>4</sub>, existe una diferencia de 148.0 kg ha<sup>-1</sup>, cantidad muy considerable al momento de comercializar la semilla.

Cuadro 1. Producción de semilla de un ecotipo de pasto Banderilla, bajo diferentes densidades de población y mínima labranza en Calera de V.R., Zacatecas. Años 2016-2021. CEZAC-INIFAP.

Trat.	Semilla					Media*
	Kg ha <sup>-1</sup>					
Plantas ha <sup>-1</sup>	2016	2017 (sin riego)	2019	2020	2021	
T <sub>1</sub> (65.7 mil)	320.7 a	117.8 a	730.5 a	201.2 a	571.3 a	455.9±239.3
T <sub>2</sub> (32.8 mil)	264.5 ab	216.5 a	771.6 a	260.4 a	487.9 a	446.1±241.6
T <sub>3</sub> (21.9 mil)	308.4 a	183.6 a	466.0 b	225.8 a	452.3 a	363.1±116.0
T <sub>4</sub> (16.4 mil)	205.6 b	156.2 a	434.5 b	172.1 a	416.7 a	307.2±137.5
C.V. (%)	16.4	31.4	10.5	30.1	28.9	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos. \*Media de cuatro años que recibieron riego.

## Conclusiones

Los datos obtenidos con el ecotipo de pasto Banderilla, nativo del sur del estado de Chihuahua con riegos de auxilio bajo mínima labranza, indican que densidades de población entre 65.7 y 32.8 mil plantas por hectárea, son adecuados para obtener rendimientos promedio de 450.0 kg de semilla ha<sup>-1</sup> al año, sin necesidad de usar herbicidas ni abonos químicos. Menores densidades de población repercuten en menores ingresos económicos y una mayor presencia de arvenses.

## Literatura Citada

- Baker C.J y K.E. Saxton. 2008. Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Consultado en línea 25/09/2020: <http://www.fao.org/3/al298s/al298s.pdf>
- Beltrán, L. S., C. A. García D., J. A. Hernández A., C. Loredó O., J. Urrutia M., L. A. González E. y H. G. Gámez V. 2013. "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4(2):217-221.
- González D.J.R. 1988. Producción de semilla de dos variedades de zacate Banderilla con diferentes densidades de siembra. *Agraria.* 4(2):137-145.
- Rubio-Aguirre, F. A., J. F. Villanueva-Avalos y C.R. Morales-Nieto. 2015. Comportamiento agronómico del pasto Banderilla [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en el altiplano de Zacatecas. Libro Técnico. Núm. 15. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 206 p.
- Sáenz F. E. 2015. Comportamiento de pastos productores de semilla bajo riego y con diferentes tipos de fertilización. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia y Ecología. U.A.CH. 46 p.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS ver. 9.2. Statistical Analysis Software. Cary, North Carolina.
- Smith, S.R., H.E. White, E.S. Hagood, D.D. Wolf, and J.P. Repair. 2009. No-Till Seeding of Forage Grasses and Legumes. Consultado en línea 25/09/2020: [https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs\\_ext\\_vt\\_edu/418/418-007/418-007\\_pdf.pdf](https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/418/418-007/418-007_pdf.pdf)

## ACLIMATACIÓN DE PLÁNTULAS DE *Agave potatorum* Zucc. Y *Agave tequilana* Weber OBTENIDAS IN VITRO

Luis Alberto Gómez Reyes<sup>1</sup>, Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, Boulevard de La Biodiversidad No. 400, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. \*Autor de correspondencia: cruz.esmeralda@inifap.gob.mx

### Introducción

El cultivo de tejidos en condiciones *in vitro*, es una herramienta de suma importancia para la propagación de plántulas, mismas que se obtienen con características morfológicas y funcionales en un ambiente controlado y favorable para las mismas, por lo que las vitroplantas deben pasar por un proceso de climatización para adaptarse a las condiciones *ex vitro*, buscando una buena sobrevivencia de dichas plantas (Yescas *et al.*, 2016). Monja-Mio (2015) y Yescas *et al.* (2016), aseguran que las plantas producidas *in vitro* cuentan con diversas características que las hacen sensibles al cambio brusco de condiciones ambientales, dentro de las cuales destacan la baja capacidad fotosintética, la ausencia de cutículas cerosas, estomas poco funcionales, tejidos de sustento ineficientes y la conexión vascular incompleta entre la zona radicular y la parte aérea de la planta. Por lo anterior, el éxito de una propagación de cultivo de tejidos, en buena medida depende de un adecuado protocolo de aclimatación, ya que esta es la fase final antes de que la planta sea llevada a condiciones de campo. Uno de los factores más importantes durante la aclimatación es el tipo de sustrato utilizado, ya que el adecuado suministro de nutrientes y agua es esencial para la sobrevivencia y desarrollo de la plántula (Espinosa *et al.*, 2019). El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de dos diferentes sustratos en la aclimatación de plántulas de *Agave potatorum* Zucc. y *Agave tequilana* Weber.

### Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en el laboratorio de cultivo de tejidos *in vitro* y crioconservación del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP. Se utilizaron plántulas producidas en condiciones de *in vitro*, libres de patógenos y de reguladores de crecimiento (Figura 1). Para aclimatar las plantas, se utilizaron contenedores de 750 ml de capacidad, con un volumen contenido de sustrato de 500 ml. El sustrato número 1 se compuso de una mezcla de Peat moss: agrolita: vermiculita (1:1:1), mientras que el sustrato número 2 se trató de suelo originario del Centro Nacional de Recursos Genéticos, es un suelo Luvisol férrico, de textura arcillosa o migajón arcilloso (Flores *et al.*, 2003).

Las plántulas se extrajeron de los frascos Gerber, se lavaron con agua corriente para retirar el medio de cultivo, y se establecieron en los contenedores con sustrato. Se llevaron a invernadero, donde se mantuvieron condiciones de humedad relativa de entre 50% y 95% y temperaturas de entre los 15 °C y 32 °C. Se aplicó un riego diario con microaspersión hasta capacidad de contenedor. En cada sustrato se establecieron 10 repeticiones, evaluando la sobrevivencia y formación de nuevas hojas. Las plantas se evaluaron durante 90 días.



Figura 1. Plántula utilizada para la aclimatación.

### Resultados y Discusión

A los 90 días de evaluación, se tuvo una supervivencia del 100% de las dos especies evaluadas en ambos sustratos, todas las plantas presentaron un buen vigor, no hubo marchitez, no se presentó ninguna deficiencia ni patologías en las plantas aclimatadas (Figura 2, 3 y 4).



Figura 2. Plántula de *Agave tequilana* aclimatada

Como lo menciona Espinosa *et al.* (2005), la aclimatación es una etapa bastante compleja dentro del proceso de micropropagación, por lo que al utilizar sustratos con grandes diferencias tanto físicas como químicas en comparación con los suelos donde se pretenden establecer finalmente las vitroplantas, se puede decir que se debe realizar una segunda aclimatación, al tener que adaptar las plantas del sustrato utilizado en vivero al suelo en donde serán establecidas en campo. Por lo anterior, se puede considerar que al realizar la aclimatación en suelo se aumenta la probabilidad de sobrevivencia de las vitroplantas en campo.



Figura 3. Plántula de *Agave potatorum* aclimatada

Una de las principales fuentes de costos elevados en la producción de plántulas, es el uso de sustratos como el Peat moss, por lo que al utilizar materiales locales de como sustratos, específicamente suelo, se disminuyen considerablemente los costos de los insumos, beneficiando los procesos de producción de plántulas (Espinosa *et al.*, 2005; Espinosa *et al.*, 2019).

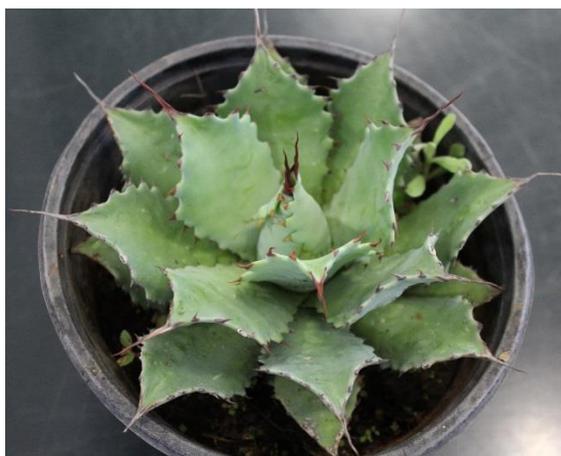


Figura 4. Planta de *Agave potatorum* después de 12 meses de su aclimatación.

## Conclusiones

La aclimatación de vitroplantas, es una de las etapas críticas del proceso de propagación. Para el caso de *Agave potatorum* y *Agave tequilana*, una opción viable es el empleo de suelo arcilloso como sustrato para realizar la aclimatación, disminuyendo costos y abriendo la posibilidad de utilizar materiales de fácil acceso.

## Literatura Citada

- Yescas Arreola, E., Campos Ángeles, G. V., Enríquez del Valle, J. R., Velasco Velasco, V. A., Rodríguez Ortiz, G., & Ruiz Luna, J. (2016). Aclimatación de Agave americana var. Oaxacensis obtenidas in vitro. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(4), 911-922.
- Espinosa-Reyes, Á., Silva-Pupo, J. J., Bahi-Arevich, M., & Romero-Cabrera, D. (2019). Influencia del tamaño de las plantas in vitro y tipo de sustrato en la aclimatación de Morus alba L. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 23-29.
- Monja-Mio, K. M., Pool, F. B., Herrera, G. H., EsquedaValle, M., & Robert, M. L. (2015). Development of the stomatal complex and leaf surface of Agave angustifolia Haw.'Bacanora'plantlets during the in vitro to ex vitro transition process. *Scientia Horticulturae*, 189, 32-40.
- Flores-López, H. E., Ramírez-Vega, H., Byerly-Murphy, K. F., Ruiz-Corral, J. A., Martínez-Sifuentes, J. A., Díaz-Mederos, P., & Alemán-Martínez, V. (2003). Estimación de escurrimiento superficial en la cuenca El Jihuite, México. *Terra Latinoamericana*, 21(3), 389-400.
- Espinosa, M. G., Alcalá, V. M. C., Rivero, H. S. A., De La, J. L. R., & Ruiz, R. M. (2005). Aclimatación de plantas obtenidas in vitro Eucalyptus urophylla ST Blake Eucalyptus grandis Hill Ex Maiden. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 1(3), 591-597.

## **DETERMINACIÓN DE LA CL<sub>50</sub> DE EXTRACTOS ETANOLICOS DE *Argemone pleiakantha* Greene EN ADULTOS DE MOSCA BLANCA *Bemisia tabaci* Gennadius (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)**

Claudia González Nieves<sup>1</sup>, Fabián García González<sup>1\*</sup>, Urbano Nava Camberos<sup>2</sup>, Aurelio Pedroza<sup>1</sup> Sandoval, Claudio Ríos Velasco<sup>3</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>FAZ-Universidad Juárez del estado de Durango, Gómez Palacio Durango. <sup>3</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Cuahtémoc, Chihuahua. \*Autor de Correspondencia: fabiangglez@chapingo.uruza.edu.mx

### **Introducción**

La mosca blanca, es una de las plagas más importantes y problemáticas en todo el mundo, por las grandes pérdidas que ocasiona en las hortalizas (Bleeker *et al.*, 2009). Estas grandes pérdidas en los cultivos, es debido a su forma de alimentación, e indirectamente, por ser vector de virus en plantas (Horowitz *et al.*, 2011). En México es una de las plagas más importantes que ocasiona daño a hortalizas cultivadas y se encuentra distribuida en todo el país (Holguín-Peña *et al.*, 2010; CESAVEDF, 2016). Durante las últimas tres décadas *B. tabaci* ha producido grandes pérdidas en cultivos hortícolas tales como chile, calabacita, melón y jitomate (Aguilar-Medel 2007). Además de ser una plaga directa, es un vector de más de 110 virus de plantas (Chu *et al.*, 2008). En la Comarca Lagunera esta plaga ha causado entre el 40 y el 100% de pérdidas en el rendimiento de cultivos hortícolas, ocasionando el incremento en el número de aplicaciones de insecticidas en cultivos como melón, calabaza, tomate y algodónero (Nava-Camberos & Cano-Ríos, 2000). La implementación de estrategias de control de plagas e insectos vectores, requiere de la utilización de diversos métodos o técnicas de control, como el químico, cultural, biológico, así como el uso de extractos vegetales. Estos últimos ocasionan alteraciones en el comportamiento y fisiología de los insectos, inhibiendo su alimentación, crecimiento y reproducción, e incluso llegan a ser tóxicos y causar la muerte de los mismos. El uso de extractos vegetales posibilita la generación de plaguicidas botánicos (Pungitore *et al.*, 2005).

### **Materiales y Métodos**

La colecta del material vegetal se realizó en el área de Mapimí y Bermejillo Durango. Se colectaron plantas de *Argemone pleiakantha* GREENE en los meses de junio y julio. La obtención de extractos y los bioensayos se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) de la Universidad Autónoma Chapingo ubicada en Bermejillo, Dgo., con coordenadas geográficas 23° 54' latitud Norte y 103° 37' de longitud Oeste, a una altitud de 1,130 msnm. El material vegetal se secó a temperatura ambiente separado por órgano de la planta (tallo y hoja).

Los extractos se realizaron de acuerdo a la metodología de Ail-Catzim *et al.*, 2014, el solvente que se utilizó fue el etanol al 96%, de los cuales se obtuvieron concentraciones de 1000, 1778, 3162, 5623 y 10000 ppm. Se adiciono a un tubo de ensaye de 10 ml, de cada concentración más el testigo (agua bidestilada) por órgano de la planta, el tubo se puso en agitación constante hasta la evaporación del etanol.

Los bioensayos se realizaron con adultos de *B. tabaci* que fueron colectados de un cultivo de jitomate establecido en el rancho el Carmen de la URUZA., por cada tubo se colocaron 10 adultos teniendo 3 repeticiones más el testigo, cada tubo se tapó con tela organza estos se colocaron de manera horizontal, la revisión de mortalidad de adultos se realizó a las 2, 4, 6, y 8 horas. Se usó un diseño experimental completamente al azar. Los datos de mortalidad obtenidos se evaluaron con un análisis PROBIT.

## Resultados y Discusión

En los cuadros 1 y 2 se muestra el porcentaje promedio de mortalidad de adultos de *B. tabaci* a cuatro tiempos. Para el caso de extracto de hoja la mortalidad igual o mayor al 50 % se obtuvo en las concentraciones de 5623 y 10000 ppm con 50 y 53.33 % respectivamente a comparación del testigo que fue de 3.33% (cuadro 1), esta respuesta demuestra que el solvente extractor no es el responsable de la mortalidad de adultos obtenida en las demás concentraciones, las dosis de 1000 y 1778 ppm no presentaron diferencia significativa en la mortalidad presentada a diferencia con el testigo que la diferencia es notablemente alta.

Para el extracto de tallo de chicalota la mortalidad mayor al 50% se registró con la dosis de 10000 ppm con un 56.67% (cuadro 2), en ambos casos se observa que la mayor mortalidad surgió a las 4 horas de iniciado el experimento. Las demás dosis no presentaron diferencia significativa en la mortalidad presentada para el extracto de tallo.

Cuadro 1. Mortalidad acumulada por hora de *Bemisia tabaci* (número de individuos muertos) de acuerdo a la concentración del extracto etanólico de hoja de chicalota.

Tratamientos	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	Total por tratamiento	(%)
testigo	0	0	0	1	1	3.33
1000 ppm	0	3	3	2	8	26.67
1778 ppm	0	5	1	2	8	26.67
3162 ppm	0	6	7	0	13	43.33
5623 ppm	0	7	6	2	15	50.00
10000 ppm	0	7	7	2	16	53.33

El total de adultos utilizados por tratamiento en el bioensayo fue 30 adultos equivalentes al 100%

Cuadro 2. Mortalidad acumulada por hora de *Bemisia tabaci* (número de individuos muertos) de acuerdo a la concentración del extracto etanólico de tallo de chicalota.

Tratamientos	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	Total por tratamiento	(%)
testigo	0	0	1	1	2	6.67
1000 ppm	0	3	1	3	7	23.33
1778 ppm	0	5	3	0	8	26.67
3162 ppm	0	6	2	1	9	30
5623 ppm	0	7	4	0	11	36.67
10000 ppm	0	7	1	9	17	56.67

El total de adultos utilizados por tratamiento en el bioensayo fue 30 adultos equivalentes al 100%

Para el análisis estadístico Probit se tomó en cuenta la mortalidad acumulada en los 4 tiempos, determinándose una Concentración Letal (CL<sub>50</sub>) de 9780.39 ppm del extracto etanólico de tallo de con un R<sup>2</sup> = .8458 (figura 1) mientras que para el extracto de hoja el análisis Probit arrojó un CL<sub>50</sub> de 5682 ppm y R<sup>2</sup> = .9835 (Figura 2). Lo cual se puede considerar que el efecto de toxicidad es significativo para el control de la plaga.

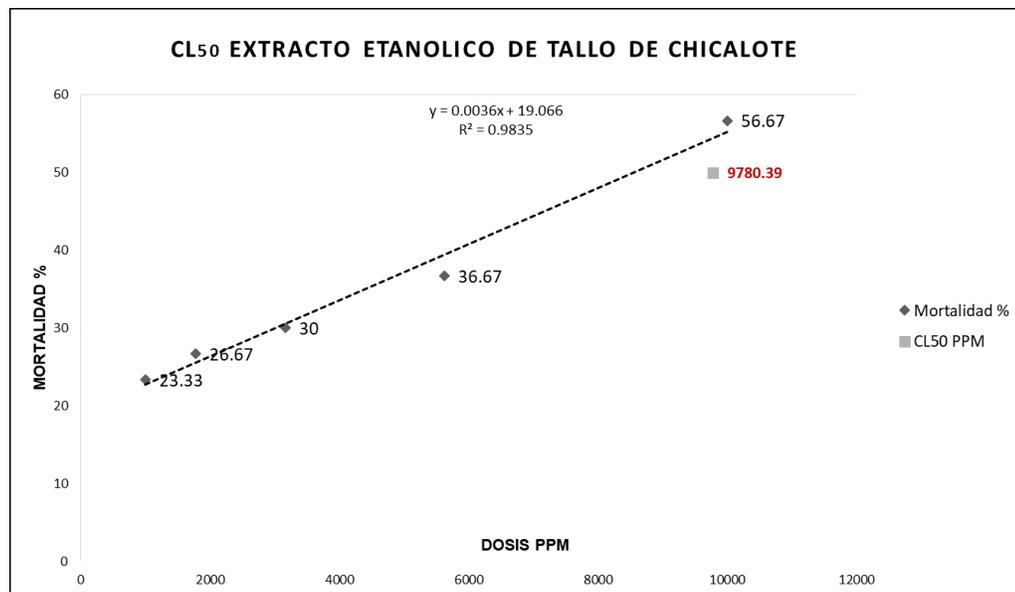


Figura 1. Concentración Letal 50 (CL<sub>50</sub>) del extracto etanólico de tallo *A.pleiacantha*

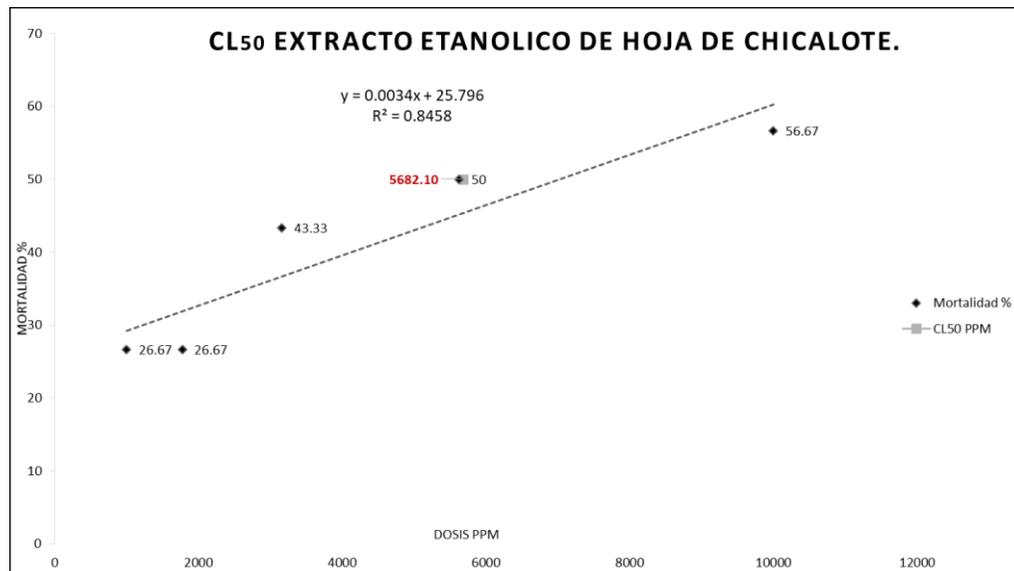


Figura 2. Concentración Letal 50 (CL<sub>50</sub>) del extracto etanólico de hoja *A. pleiakantha*

## Conclusiones

*A. pleiakantha* se puede considerar como una alternativa al uso de agroquímicos para el control de la mosquita blanca, en concentraciones de 6000 y hasta los 9000 ppm, pueden resultar eficientes para el manejo y control de la plaga.

Según los resultados obtenidos el extracto etanólico de hoja tiene mayor toxicidad con una dosis baja (entre 4000 y 6000 ppm) a comparación con el extracto de tallo.

## Literatura Consultada

- Aguilar-Medel, S. Rodríguez-Maciel, J. C., Santillán-Ortega, C., Lagunés-Tejeda, Á., Díaz Gómez, O., & Martínez-Carrillo, J. L. (2007). Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B colectadas en Baja California y Sinaloa, México. *Interciencia*, 32(4), 266-269.
- Ail-Catzim, C. E., García-López, A. M., Troncoso-Rojas, R., González-Rodríguez, R. E., & Sánchez-Segura, Y. (2015). Efecto insecticida y repelente de extractos de *Pluchea sericea* (Nutt.) sobre adultos de *Bemisia tabaci* (Genn.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 21(1), 33-41.
- Bleeker, P.M., P.J. Diergaarde, K. Ament, J. Guerra, M. Weidner, S. Schutz, M.T.J. de Both, M.A. Haring and R.C. Schuurink. 2009. The role of specific tomato volatiles in tomato whitefly interaction. *Plant Physiology* 151: 925- 935
- CESAVEDF. (2016). Manejo fitosanitario de mosquita blanca en hortalizas. *Disponible en: [http://cesavedf.org.mx/IMAGENES/PDF\\_MOSQUITA%20BLANCA.pdf](http://cesavedf.org.mx/IMAGENES/PDF_MOSQUITA%20BLANCA.pdf)*
- Chu, D., W. Fang-Hao, T. Yun-Li, L. Guo-Xia, F. Zhong-Xue and B.Yu-Ping (2008). Genetic differentiation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype Q based on mitochondrial DNA markers. *Insect Science*, 15, 115-123.
- Holguín-Peña, R. J., Hernández-Montiel, L. G., & Latisnere-Barragán, H. 2010. Identificación y Distribución Geográfica de *Bemisia tabaci* Gennadius y su Relación con Enfermedades Begomovirales en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de Baja California, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28: 58-60.

- Horowitz, A.R., Y. Antignus and D. Gerling. 2011. Management of *Bemisia tabaci* whiteflies (pp: 293-322). In: Thompson W.M.O. (Ed.). The whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) interaction with geminivirus-infected host plants. Springer Dordrecht, Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/225986300\\_Management\\_of\\_Bemisia\\_tabaci\\_Whiteflies](https://www.researchgate.net/publication/225986300_Management_of_Bemisia_tabaci_Whiteflies).
- Nava-Camberos, A. y P. Cano-Ríos (2000). Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada de melón en la comarca lagunera, México. *Agrociencia*, 34, 227-234.
- Pungitore, C. R., García, M, Gianello C. J., Tonn, E. C., Sosa, E. M. (2005). Lethal and Sublethal Effects of Triterpenes from *Junellia aspera* (Verbenaceae) on the Grain Storage Insect *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 64:45-51.

## EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN DE HUERTAS DE LIMÓN SOBRE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO

Erika Nava-Reyna<sup>1\*</sup>, López-García, Leonardo Daniel<sup>2</sup>, Cabrera-Rodríguez, Alejandra<sup>3</sup>, Constante-García, Vicenta<sup>1</sup>, Muñoz-Villalobos, Jesús Arcadio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Durango; <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña Km. 0.820, El Vergel, 35120, Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### Introducción

Aunque se ha estudiado la eficacia de diversos microorganismos como biofertilizantes en distintos cultivos y condiciones agroecológicas, su efecto en la microbiota del suelo ha sido poco explorado. Las bacterias fijadoras de nitrógeno y las micorrizas arbusculares incrementan el crecimiento y producción de varias plantas frutícolas y mejoran la actividad microbiológica en la rizósfera (Pathak et al., 2017). Investigaciones sugieren que algunos biofertilizantes pueden incrementar la salud del suelo por dos mecanismos: la supresión directa de patógenos y la modificación de la comunidad microbiana nativa (Xiong et al., 2017). Por lo tanto, el impacto de los biofertilizantes en los patrones de diversidad microbianos no está claro aún, lo que sugiere que su efecto pudiera estar condicionado por diversos factores en los sistemas experimentales y de manejo, como el tipo de microorganismo, la adición en conjunto con enmiendas orgánicas, el tipo de cultivo, las condiciones agroecológicas, entre otros por lo que deben establecerse estudios bajo las condiciones de cada región. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto sobre la microbiota del suelo de la aplicación de *Glomus intraradice* y *Azospirillum brasilense* (Micorrizafer® y Maxifer®, Biofabrica Siglo XXI, México) como biofertilizantes en predios para el cultivo de limón en Veracruz, México.

### Materiales y Métodos

El muestreo se realizó en huertas de limón en Martínez de la Torre, Veracruz, México. Se seleccionó una parcela donde se habían aplicado los biofertilizantes por 2 años (20°06'5.0" N, 97°01'55.3" O), así como una parcela cercana con similares características y manejo agronómico, pero sin biofertilizantes como testigo (20°06'07.5" N, 97°01'55.1" O). El biofertilizante se aplicó en 2 dosis anuales, una al inicio de la temporada de lluvia y la otra 3 semanas después, a una concentración de  $5 \times 10^{11}$  UFC de *A. brasilense* y  $9 \times 10^4$  esporas de *G. intraradices*. Se tomaron 4 muestras de suelo rizosférico de 3 árboles de cada tratamiento, para hacer una muestra compuesta de cada uno para colocar 0.25 g en tubos Zymo Research™ BashingBead™ con 740 µl de solución de lisis, y se procesó cada tubo en un disruptor celular TerraLyzer™ durante 30 s. El ADN de las bacterias del suelo se extrajo siguiendo las instrucciones del fabricante, se amplificó (ARNr V3-V4 16S) (Klindworth et al., 2013) y se secuenció utilizando Illumina (Illumina, 2017, 2019). Finalmente, las secuencias fueron analizadas en QIIME (Caporaso et al., 2010).

## Resultados y Discusión

El número total de secuencias obtenidas tuvo una media de 234,387 de ambos tratamientos antes del ensamblaje, una media de 82,332 secuencias ensambladas y 152,055 descartadas (Tabla 1). El promedio de las quimeras eliminadas fue 389 y la media de la calidad de las secuencias fue 81,927. Después de la asignación taxonómica, la media de las secuencias bacterias fue 74,484 y, una vez que los singletons fueron eliminados, la media fue de 33,285 (Tabla 1).

La profundidad de cobertura fue adecuada con respecto al número de OTU's bacterianos en las muestras, ya que las curvas alcanzaron la asíntota cerca de 22,500 secuencias. De acuerdo con el análisis de diversidad beta basado en la matriz de distancia de Bray-Curtis, no existió significancia entre las poblaciones bacterianas del suelo en ambos tratamientos (Permanova: pseudo-F: 1.563; p= 0.199). Las medias de los índices de diversidad alfa fueron 6.35 y 6.22 para el tratamiento convencional y orgánico, respectivamente para Shannon (t = 1.040; p = 0.492) y 0.986 y 0.984 con Simpson, respectivamente (t = 0.964; p = 0.515), donde no se observó diferencia significativa entre ambos métodos de manejo.

Tabla 1. Número de secuencias obtenidas para cada tratamiento de muestras de suelo. Conv = Convencional, Org = Orgánico, QE = quimeras eliminadas, SC = secuencias de calidad después de la eliminación de quimeras, SB = secuencias bacterianas después de la asignación taxonómica, SBSS = secuencias bacterianas después de la eliminación de los singleton.

Muestra	Secuencias Totales	Secuencias ensambladas	Secuencias descartadas	QE	SC	SB	SBSS
Org1	160,890	134,418	510	133,908	118,910	73794	54,788
Org2	94,168	127,339	583	126,756	110,225	71740	45,983
Org3	157,693	89,115	496	88,619	80,502	54,038	35,408
Conv1	112,164	58,050	302	57,748	53,696	33,487	28,036
Conv2	177,837	65,576	280	65,296	59,217	42,861	22,718
Conv3	166,164	123,322	585	122,737	110,539	71,897	49,102
Media	144,819	99,637	459	99,177	88,848	57,970	39,339

Se identificaron organismos pertenecientes a 22 filos, 60 clases, 111 órdenes, 243 familias y 715 géneros bacterianos para todas las muestras de suelo con fertilización con agroquímicos y con biofertilizantes.

Los géneros con mayor media de abundancia relativa fueron JADL\_g (8.91%), PAC000166\_g (4.30%), *Tepidisphaera* (3.25%), *Rhizomicrobium* (2.7%), HM748739\_g (2.6%), *Sphingomonas* (2.6%), *Pseudolabrys* (2.3%), *Bradyrhizobium* (2.1%), *Solibacter* (2.0%) y *Rhodoplanes* (2.0%) (Figura 1). La aplicación de biofertilizantes en huertas de limón favoreció la abundancia

relativa de los géneros JADL\_g (13.4%), PAC000166\_g (4.9%), HM748739\_g (2.8%), *Rhodoplanes* (2.6%) y PAC000030\_g (2.6%), mientras que en los suelos rizosféricos con fertilización química los géneros más abundantes fueron JADL\_g (4.4%), *Tepidisphaera* (3.7%), *Rhizomicrobium* (3.3%), *Solibacter* (2.7%) y *Pseudolabrys* (2.7%).

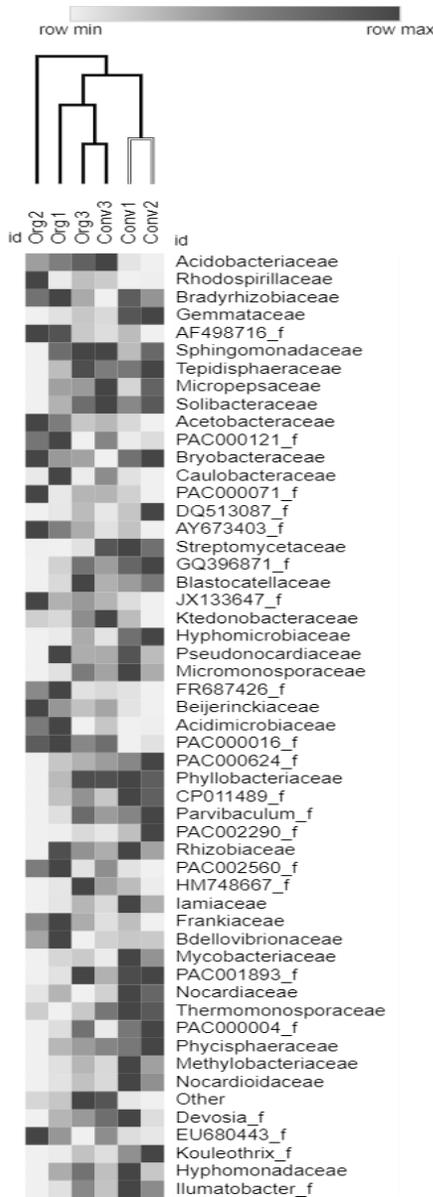


Figura 1. Mapa de calor de los géneros bacterianos de muestras de suelo cuya abundancia relativa fue mayor a 0.01%. Conv = Convencional, Org = Biofertilizantes. Con base en los resultados obtenidos, se presentan 53 géneros bacterianos.

El género JADL\_g, dominante en ambos tratamientos, ha sido reportado dentro de las comunidades bacterianas en la rizósfera de *Rhododendron mucronulatum* en Daegu, Corea, también como el más abundante (Choi et al., 2020). Aunque la función ecológica de este género no ha sido explorada, éste pertenece a la familia Rhodospirillaceae cuyos miembros son en su mayoría bacterias púrpuras no sulfurosas y algunos son fotoheterotróficos en condiciones anóxicas en la luz y quimioheterotróficos en la oscuridad mientras que otros son heterotróficos bajo condiciones aeróbicas y microaróbicas (Kawasaki et al., 1992). Su metabolismo es muy versátil, ya que se han reportado géneros de esta familia con capacidad para remover sulfuro del biometano a partir de desechos bovinos (da Silva et al., 2014), degradar microplásticos (Morohoshi et al., 2018) e hidrocarburos (Liu et al., 2018), mientras que muchos miembros de esta familia son conocidos por su capacidades de promover el crecimiento de las plantas (Baldani et al., 2014; Batool et al., 2017). Además, se ha reportado su mayor abundancia relativa en el microbioma bacteriano asociado a raíces de arroz (*Oryza sativa*) después de 55 días de crecimiento en suelos tratados con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Trifolii* E11 como biofertilizantes en comparación con suelos fertilizados con N químico (Jha et al., 2020). En cuanto a PAC000166\_g, también ha sido reportada dentro de la microbiota dominante en suelos rizosféricos de *Rhododendron mucronulatum* (Choi et al., 2020). Este género pertenece al orden Streptosporangiales. Algunos miembros de este orden son de gran interés biotecnológico al ser potenciales productores de diversos metabolitos secundarios con distintas actividades biológicas, incluido plantomicinas, sinefuginas, anguciclinona, spoxazomicina, iodinina, esporaridina y esporazepina Chaouch et al., 2016), lo que le confiere la actividad antibacteriana y antifúngica.

Por su parte, los géneros HM748739\_g y PAC000030\_g han sido reportados en la rizósfera de Ginseng en suelos supresores de la enfermedad de sus raíces provocada por *Nectriaceae*

sp., por lo que podrían estar involucrados en la resistencia de las plantas a fitopatógenos y su biocontrol (Lee et al., 2020). Otro género en mayor abundancia relativa en los suelos biofertilizados fue *Rhodoplanes*.

Este género juega un papel importante como promotor del crecimiento de las plantas, principalmente por su capacidad de fijación de nitrógeno (Harada et al., 2005) y conferir resistencia a las plantas a estrés ambiental (Fu et al., 2020). Distintas investigaciones han reportado un incremento en su abundancia relativa cuando se aplicaron biofertilizantes con y enmiendas orgánicas (Cortes et al., 2021; Kim et al., 2021).

Por otro lado, el manejo con fertilización convencional tuvo una mayor proliferación del género *Tepidisphaera*, el cual se ha reportado que produce ácido propiónico y ácido acético y prefiere condiciones termofílicas y pH neutro, además de ser sensible a alta salinidad (Kovaleva et al., 2015; Ma et al., 2020), aunque como microorganismo anaerobio facultativo tolerante a salinidad puede utilizar polisacáridos para crecer en ambientes salinos (Kovaleva et al., 2015). Este género también fue más abundante en huertos de nogal bajo manejo convencional que con agricultura orgánica (Cabrera-Rodríguez et al., 2020). *Rhizomicrobium*, cuyos miembros viven en las raíces o la rizósfera de las plantas, también proliferó en las muestras con uso de agroquímicos. Al ser microorganismos relacionados con el ciclo del N como fijadores de nitrógeno (Kodama & Watanabe, 2011), se ha reportado el incremento en su abundancia cuando se añade N al suelo, especialmente cuando hay una gran cantidad de nitrógeno amoniacal (Nie et al., 2018). Por lo tanto, la mayor presencia de ambos géneros de bacterias copiotróficas fueron incrementados con la adición de altos niveles de N al suelo. Este tipo de microorganismos proliferan bajo condiciones de alta disponibilidad de nutrientes y son capaces de consumir carbono orgánico lábil (Cabrera-Rodríguez et al., 2020).

## Conclusiones

La aplicación de *A. brasiliensis* y *G. intraradices* como biofertilizantes en huertas de limón alteran la composición de las comunidades bacterianas rizosféricas, a pesar de no afectar significativamente las diversidades alfa y beta. La biofertilización parece favorecer la abundancia relativa de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, especialmente aquellas relacionadas con la resistencia a fitopatógenos y estrés abiótico. Por su parte, la fertilización química se relacionó más con la proliferación de géneros copiotróficos relacionados con el ciclo del N, lo que pudiera estar ligado a la alta concentración de N en el suelo.

## Literatura Citada

- Baldani, J. I., Videira, S. S., Santos Teixeira, K. R. dos, Reis, V. M., Oliveira, A. L. M. de, Schwab, S., Souza, E. M. de, Pedraza, R. O., Baldani, V. L. D., & Hartmann, A. (2014). The Family Rhodospirillaceae. The Prokaryotes: Alphaproteobacteria and Betaproteobacteria, 9783642301971, 533–618.
- Batool, K., Tuz Zahra, F., & Rehman, Y. (2017). Arsenic-Redox Transformation and Plant Growth Promotion by Purple Nonsulfur Bacteria *Rhodopseudomonas palustris* CS2 and *Rhodopseudomonas faecalis* SS5. *Biomed Res. Int.*, vol. 2017, Article ID 6250327.

- Cabrera-Rodríguez, A., Nava-Reyna, E., Trejo-Calzada, R., Peña, C. G. D. la, Arreola-ávila, J. G., Collavino, M. M., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., & Constante-García, V. (2020). Effect of organic and conventional systems used to grow pecan trees on diversity of soil microbiota. *Diversity*, 12(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/d12110436>
- Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., Fierer, N., Peña, A. G., Goodrich, J. K., Gordon, J. I., Huttley, G. A., Kelley, S. T., Knights, D., Koenig, J. E., Ley, R. E., Lozupone, C. A., McDonald, D., Muegge, B. D., Pirrung, M., ... Knight, R. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods*, 7(5), 335–336. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>
- Chaouch, F. C., Bouras, N., Mokrane, S., Zitouni, A., Schumann, P., Spröer, C., Sabaou, N., & Klenk, H. P. (2016). *Streptosporangium becharensense* sp. Nov., an actinobacterium isolated from desert soil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 66(7), 2484–2490.
- Choi, D.-H., Jeong, M.-J., Kwon, H.-J., Kim, M.-G., Kim, D.-H., Kim, Y.-G., & Kim, J.-G. (2020). Metagenomic Analysis of Bacterial Communities in *Rhododendron mucronulatum* in Biseul Mountain County Park, Daegu, Korea. *생명과학회지*, 30(1), 32–39.
- Cortes, A. D., Aggangan, N. S., & Opulencia, R. B. (2021). Taxonomic microbiome profiling and abundance patterns in the cacao (*Theobroma cacao* L.) rhizosphere treated with arbuscular mycorrhizal fungi and bamboo biochar. *Philipp. Agric. Sci.* 104(1), 19–33.
- da Silva, M. L. B., Mezzari, M. P., Ibelli, A. M. G., & Gregory, K. B. (2014). Sulfide removal from livestock biogas by *Azospirillum*-like anaerobic phototrophic bacteria consortium. *Int. Biodeter. Biodegradation*, 86, 248–251. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.09.013>
- Fu, J., Luo, Y., Sun, P., Gao, J., Zhao, D., Yang, P., & Hu, T. (2020). Effects of shade stress on turfgrasses morphophysiology and rhizosphere soil bacterial communities. *BMC Plant Biol.*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2300-2>
- Harada, N., Nishiyama, M., Otsuka, S., & Matsumoto, S. (2005). Effects of Inoculation of Phototrophic Purple Bacteria on Grain Yield of Rice and Nitrogenase Activity of Paddy Soil in a Pot Experiment. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 51(3), 361–367.
- Illumina. (2017). 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation.
- Illumina. (2019). Nextera XT DNA Library Prep Kit Reference Guide (15031942). [www.illumina.com/company/legal.html](http://www.illumina.com/company/legal.html).
- Jha, P. N., Gomaa, A. B., Yanni, Y. G., El-Saadany, A. E. Y., Stedtfeld, T. M., Stedtfeld, R. D., Gantner, S., Chai, B., Cole, J., Hashsham, S. A., & Dazzo, F. B. (2020). Alterations in the Endophyte-Enriched Root-Associated Microbiome of Rice Receiving Growth-Promoting Treatments of Urea Fertilizer and Rhizobium Biofertilizer. *Microb. Ecol.*, 79(2), 367–382.
- Kawasaki, H., Hoshino, Y., Kuraishi, H., & Yamasato, K. (1992). *Rhodocista centenaria* gen. nov., sp. nov., a cyst-forming anoxygenic photosynthetic bacterium and its phylogenetic position in the Proteobacteria alpha group. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 38(6), 541–551.
- Kim, S., Samaddar, S., Chatterjee, P., Choudhury, A. R., Choi, J., Choi, J., & Sa, T. (2021). Structural and functional shift in soil bacterial community in response to long-term compost amendment in paddy field. *Appl. Sci. (Switzerland)*, 11(5), 1–10.
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., & Glöckner, F. O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res.*, 41(1), e1.
- Kodama, Y., & Watanabe, K. (2011). *Rhizomicrobium electricum* sp. nov., a facultatively anaerobic, fermentative, prosthecate bacterium isolated from a cellulose-fed microbial fuel cell. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 61(8), 1781–1785.
- Kovaleva, O. L., Merkel, A. Y., Novikov, A. A., Baslerov, R. V., Toshchakov, S. V., & Bonch-Osmolovskaya, E. A. (2015). *Tepidisphaera mucosa* gen. nov., sp. nov., a moderately thermophilic member of the class Phycisphaerae in the phylum Planctomycetes, and proposal of a new family,

- Tepidisphaeraceae fam. nov., and a new order, Tepidisphaerales ord. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 65(Pt\_2), 549–555.
- Lee, S. W., Lee, S. H., Seo, M. W., Jang, I. B., Kwon, R. Y., & Heo, H. J. (2020). Soil chemical properties, microbial community and ginseng root rot in suppressive and conducive soil related injury to continuously cropped ginseng. *Korean J. Crop Sci.*, 28(2), 142–151.
- Liu, Y., Ding, A., Sun, Y., Xia, X., & Zhang, D. (2018). Impacts of n-alkane concentration on soil bacterial community structure and alkane monooxygenase genes abundance during bioremediation processes. *Front. Environ. Sci. Eng.*, 12(5), 1–13.
- Ma, X. chen, Li, X. kun, Wang, X. wei, Liu, G. ge, Zuo, J. long, Wang, S. tao, & Wang, K. (2020). Impact of salinity on anaerobic microbial community structure in high organic loading purified terephthalic acid wastewater treatment system. *K. Hazard Mater.*, 383, 121132.
- Morohoshi, T., Ogata, K., Okura, T., & Sato, S. (2018). Molecular characterization of the bacterial community in biofilms for degradation of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) films in seawater. *Microbes Environ.*, 33(1), 19–25.
- Nie, Y., Wang, M., Zhang, W., Ni, Z., Hashidoko, Y., & Shen, W. (2018). Ammonium nitrogen content is a dominant predictor of bacterial community composition in an acidic forest soil with exogenous nitrogen enrichment. *Sci. Total Environ.*, 624, 407–415.
- Pathak, D. V., Kumar, M., & Rani, K. (2017). Biofertilizer Application in Horticultural Crops. 215–227. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4_11)
- Xiong, W., Guo, S., Jousset, A., Zhao, Q., Wu, H., Li, R., Kowalchuk, G. A., & Shen, Q. (2017). Bio-fertilizer application induces soil suppressiveness against *Fusarium* wilt disease by reshaping the soil microbiome. *Soil Biol. Biochem.*, 114, 238–247.

## DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE *Quercus canbyi* Trel. SOBRE EL PLANO TRANSVERSAL

Vicenta Constante-García\*<sup>1</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>1</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>,  
Aldo R. Martínez-Sifuentes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA., Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

### Introducción

El género *Quercus* se extiende desde el sur de Canadá hasta el sur de Colombia (Nixon, 2006). En lo que respecta a México, el sur alberga la mayor diversidad de especies de robles de América (Nixon, 2006), se estiman que existen en México unas 160 especies, de las cuales 109 son endémicas (Valencia., 2004), lo que significa que México posee un rango entre 32.2-40.2% del total mundial y aproximadamente 75% de las especies Americanas. No obstante, el encino es el segundo género de mayor importancia forestal maderable después del pino, tan solo para el 2016 el pino presentó una producción maderera de 5.0 millones de m<sup>3</sup>r (75%) y el encino con 0.7 millones de m<sup>3</sup>r (11%) (SEMARNAT, 2016). Sin embargo, en México el género *Quercus* presenta una escasa información acerca de las propiedades anatómicas tomando en cuenta la gran diversidad que presenta (Valencia., 2004). El conocer estas propiedades ayuda a definir mejores alternativas de usos. Por otra parte, conocer las características y propiedades de la madera de distintas especies, recolectadas en diferentes sitios, permite entender y predecir su comportamiento, para ello, es importante estudiar muestras de diferentes sitios que tomen en cuenta la variabilidad geográfica de los elementos que la constituyen, aparte de conocer cómo influye el medio en las características anatómicas (Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2016). Por ello, el presente trabajo tiene el objetivo de dar a conocer algunas características anatómicas observables en el plano transversal del *Quercus canbyi* Trel. en el noreste de México.

### Materiales y Métodos

La obtención de las muestras para el análisis anatómico se obtuvo a partir de arbolado procedente de un bosque de pino-encino localizado en el municipio de Iturbide Nuevo León. Los cortes anatómicos se realizaron a partir de dos árboles de la madera de *Q. canbyi* utilizando cubos con dimensiones de 2 cm x 2 cm y un grosor de 20 a 25  $\mu$ m (Franke y Quenneville, 2011; Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2008; Pacheco *et al.*, 2016). Una vez definido el mejor grosor de corte se procedió a realizar un manchado o tinción de la pared celular utilizando los tintes safranina y astar blue. En seguida se realizó el proceso de deshidratación que consistió en lavar los cortes con etanol diluido de forma gradual, posteriormente los cortes histológicos fueron cubiertos con bálsamo de Canadá al 100 % y se colocaron en un vidrio protector o porta-objetos. Por último, los cortes se colocaron en un horno a 60°C durante 12 h para finalmente dejarse enfriar a una temperatura de 20°C (Gärtner y Schweingruber, 2013).

La medición de los vasos se llevó a cabo utilizando el programa ImageJ (<http://imagej.nih.gov>). La descripción visual y la medición de los rasgos anatómicos se efectuó siguiendo los criterios de la IAWA (Comité-IAWA, 1989).

## Resultados y Discusión

Los anillos de crecimiento del *Quercus canbyi* fueron identificables al presentar diferencia en el tamaño de vasos de la madera temprana y la tardía, el cambio entre madera temprana y tardía también es acompañada por un notable espesor de la pared celular de las fibras; en donde las bandas de crecimiento exhiben una porosidad semi-anular, con poros solitarios en forma oval y circular (1a). La madera temprana se presenta generalmente en una hilera de vasos grandes (284  $\mu\text{m}$  diámetro) con superficies de  $255,875 \pm 89,033 \mu\text{m}^2$  y presencia de tílides (1b); la madera tardía por su parte exhibe patrón de poros de tipo dendrítico, diagonal o radial con vasos medianos (125  $\mu\text{m}$  diámetro) y una superficie de  $51,745 \pm 26,485 \mu\text{m}^2$  (1c). El parénquima se presenta en bandas finas perfectamente definidas (1d).

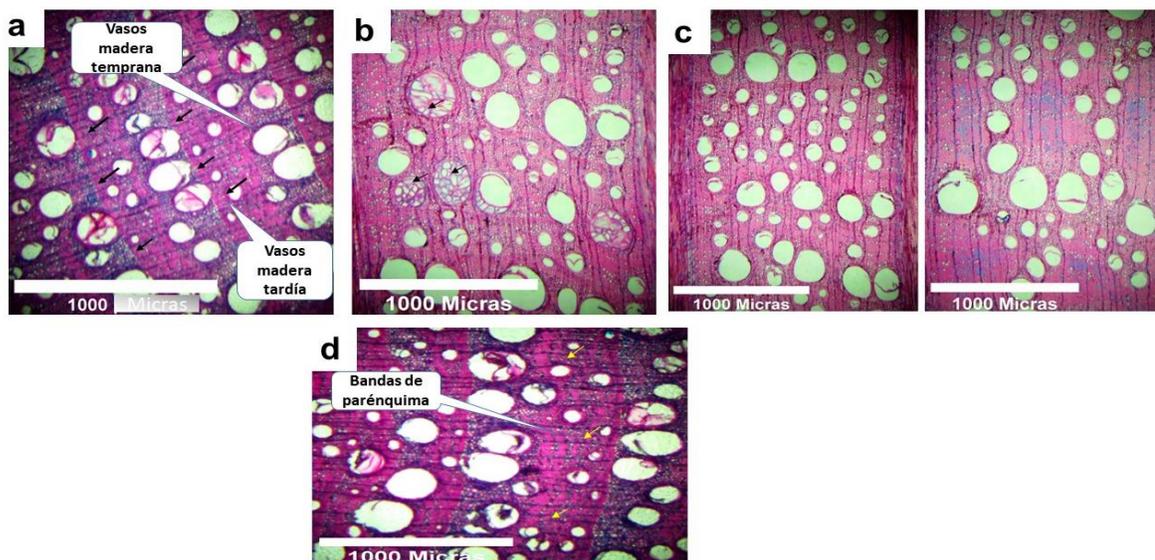


Figura 1. Características anatómicas del plano transversal de la especie *Quercus canbyi* a) flechas negras indican espesor de las fibras y límite del anillo, vasos de madera temprana y tardía; b) las flechas negras indican la presencia de tílides; c) distribución de poros en un arreglo radial, diagonal y dendrítico; d) flechas amarillas indica las bandas de parénquima en bandas.

La marcada diferencia entre madera temprana y tardía es común dentro del género *Quercus* (González y Eckstein, 2003; Gričar *et al.*, 2013). La porosidad anular encontrada en este trabajo es concordante con las más de 20 especies de encino analizadas para México (De la Paz-Olvera y Quintanar-Isaias, 1994; Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2016). La forma oval y circular con presencia de tílides en *Quercus canbyi* es reportada dentro de los encinos del estado de Oaxaca (Ruiz-aquino *et al.*, 2016).

En lo que respecta a los diámetros y las superficie de vasos y parénquima apotraqueal, estos rasgos, son concordantes con una gran gama de trabajos realizados dentro del género *Quercus* para México y fuera del mismo (Perez- Olvera y Quintanar-Isaias, 1994; Pérez-Olvera *et al.*, 1998; Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2016; Ruiz-aquino *et al.*, 2016; González y Eckstein, 2003; Gričar *et al.*, 2013; Souto, 2015).

## Conclusión

Resultados preliminares muestran al *Quercus canbyi* Trel presenta crecimientos anuales definidos por el espesor de las fibras, con una porosidad semi-anular. Las diferencias entre un crecimiento y otro son notables gracias a una marcada diferencia entre la madera temprana con vasos grandes y tardía con vasos medianos. La madera exhibe en forma general vasos solitarios de forma oval o circular, arreglados principalmente en un arreglo diagonal y radial, con presencia de bandas finas de parénquima apotraqueal. Estos rasgos son reportados en su mayoría por otras especies dentro del género *Quercus*.

## 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”.

## Literatura citada

- Comité-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](https://www.iawa-website.org/uploads/soft/Abstracts/IAWA_list_of_microscopic_features_for_hardwood_identification.pdf)
- De la Paz-Olvera, C., & Quintanar-Isaias, A. (1994). Características anatómicas de la madera de cinco especies del estado de Jalisco, México. *Acta Botanica Mexicana*, 27, 75. <https://doi.org/10.21829/abm27.1994.711>
- De la Paz-Pérez Olvera, C., & Dávalos-Sotelo, R. (2016). Anatomía de la madera de seis especies de *Pinus* (Pinaceae) del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*, 22(3), 113–132. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231460>
- 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)
- González, I. G., & Eckstein, D. (2003). Climatic signal of earlywood vessels of oak on a maritime site. *Tree Physiology*, 23(7), 497–504. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.7.497>
- Gričar, J., De Luis, M., Hafner, P., & Levanič, T. (2013). Anatomical characteristics and hydrologic signals in tree-rings of oaks (*Quercus robur* L.). *Trees - Structure and Function*, 27(6), 1669–1680. <https://doi.org/10.1007/s00468-013-0914-9>

- Nixon, K. C. (2006). Global and Neotropical Distribution and Diversity of Oak (genus *Quercus*) and Oak Forests. In *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (Vol. 185, pp. 3–13). Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/3-540-28909-7\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-28909-7_1)
- 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>
- Pérez-Olvera, C., Campos-Rafael, A., Quintanar-Isaiás, A., & Dávalos-Sotelo, R. (1998). Estudio anatómico de la madera de cinco especies del género *Quercus* (Fagaceae) del estado de Veracruz. *Madera y Bosques*, 4(2), 45–65. <https://doi.org/10.21829/myb.1998.421359>
- Pérez-Olvera, C. de la P., & Dávalos-Sotelo, R. (2016). 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>
- Pérez-Olvera, C., & Quintanar-Isaias, A. (1994). Características anatómicas de la madera de cinco especies del estado de Jalisco, México. *Acta Botanica Mexicana*, 27, 75. <https://doi.org/10.21829/abm27.1994.711>
- Ruiz-aquino, F., González-peña, M. M., Valdez-hernández, J. I., & Romero-manzanares, A. (2016). Estructura anatómica. 22, 177–189.
- SEMARNAT. (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2016. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, 1, 1–156. [https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/%0Ahttp://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016\\_210917\\_0.pdf](https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/%0Ahttp://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-agricola-ganadera2016_210917_0.pdf)
- Valencia., S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences*, 53(75), 33. <https://doi.org/10.17129/botsci.1692>

## FLORACIÓN Y MADURACIÓN EN SELECCIONES DE DURAZNERO EN AGUASCALIENTES

Manuel Antonio Galindo-Reyes

INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. Pabellón, Ags. 20,660. Email: galindo.manuel@inifap.gob.mx

### Introducción

En México, durante el año 2020 se cultivaron alrededor de 33 mil hectáreas del cultivo de duraznero [*Prunus persica* (L.) Batsch.]. Los principales estados en superficie cultivada de duraznero son Zacatecas, Puebla, Michoacán, Estado de México, Chihuahua, entre otros (SIAP, 2021). Por lo tanto, el cultivo de duraznero se distribuye en gran parte de la república mexicana.

En el cultivo de duraznero, en ocasiones las variedades como los portainjertos proceden de programas de mejoramiento de EEUU, Italia y Francia; lo que genera alta dependencia tecnológica en la producción. Otro inconveniente de utilizar materiales introducidos es que pocas veces se adaptan a condiciones propias de suelo, de clima y de mercado en cuestión, por lo que es indispensable contar con variedades propias del país donde se van a cultivar (Cantín *et al.*, 2009). Por lo tanto, es indispensable contar con programa de mejoramiento para cada región productora o por lo menos para cada país.

En duraznero los caracteres se regulan por pocos o muchos genes. Así, el color de fruto se regula por un par de genes; en cambio, la fecha de floración y de maduración se gobierna por más de dos pares de genes. En el estado de Aguascalientes y de Zacatecas, la época de floración y de cosecha de diferentes genotipos de duraznero varía desde el 31 de enero hasta el 24 de marzo, y desde el 12 de junio hasta el 20 de octubre, respectivamente (Gutiérrez y Padilla, 2004). Estos datos indican que hay una amplia variación en la ocurrencia de estas etapas en duraznero en la región.

En toda la república mexicana, hasta hace pocos años existían varios programas de mejoramiento del cultivo del duraznero. Al respecto, en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), hasta antes del año 2007 existió un programa de mejoramiento en el cultivo del duraznero, donde se generaron selecciones y algunas variedades. Ante esta situación, existe la necesidad de evaluar y conservar los genotipos generadas en el CEPAB y otras accesiones traídas de otras regiones del país con el fin de disponer de variedades o para iniciar un programa de mejoramiento. Por consiguiente, esta investigación tiene como objetivo presentar la evaluación de 14 selecciones de duraznero en cuanto a fenología de la floración y la cosecha durante cuatro años.

## Materiales y Métodos

La investigación se realizó en un huerto pequeño de duraznero que se localiza en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), en Aguascalientes; cuyas referencias geográficas son 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 este huerto pequeño de duraznero se evaluaron 14 genotipos durante cuatro años más o menos continuos (2016, 2017, 2018 y 2020). Los 14 genotipos y los cuatro años en estudio se consideraron como tratamientos y repeticiones, respectivamente. Dichos tratamientos se distribuyeron en condiciones de un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones y como unidad experimental se consideró un árbol.

El huerto se estableció con los 14 genotipos de duraznero con árboles que provenían de plantas propagadas mediante estaca sin injertar, durante mes de marzo del año 2010. La plantación se realizó a una distancia de 5 x 4 metros para líneas y para plantas, respectivamente; y las hileras se orientaron de Este-Oeste. Los árboles se condujeron en vaso o copa, dejando entre cuatro o cinco ramas principales para favorecer la entrada de la luz y soportar el peso de los frutos.

Con relación al manejo agronómico, el huerto se ha fertilizado año con año con la dosis de 150-100-50-30-50-50 unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO y de S, respectivamente, y el fertilizante se aplicó en forma fraccionada, en por lo menos cinco ocasiones al año. El riego se proporcionó por gravedad, en primavera se dió 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. Finalmente, los arboles recibieron practicas agronómicas de acuerdo con el manejo comercial de la región como fue el control de maleza, de plagas y de enfermedades.

Como variables de respuesta se registró el inicio y el fin de ocurrencia tanto de floración como de cosecha de los árboles de las 14 selecciones durante cuatro años más o menos continuos. La información se analizó mediante el cálculo del promedio de los datos para cada una de las selecciones en cada variable. También, se contrastaron los promedios de la fenología de cada selección mediante graficas realizadas con el software Excel.

## Resultados y Discusión

En general, la fenología del duraznero depende de diversos factores como el genotipo, las prácticas de manejo, del ambiente y de sus interacciones, entre otros. Al respecto, en este estudio la fecha de floración fue amplia (31 enero – 23 de marzo) y dependió de la selección (Figura 1).

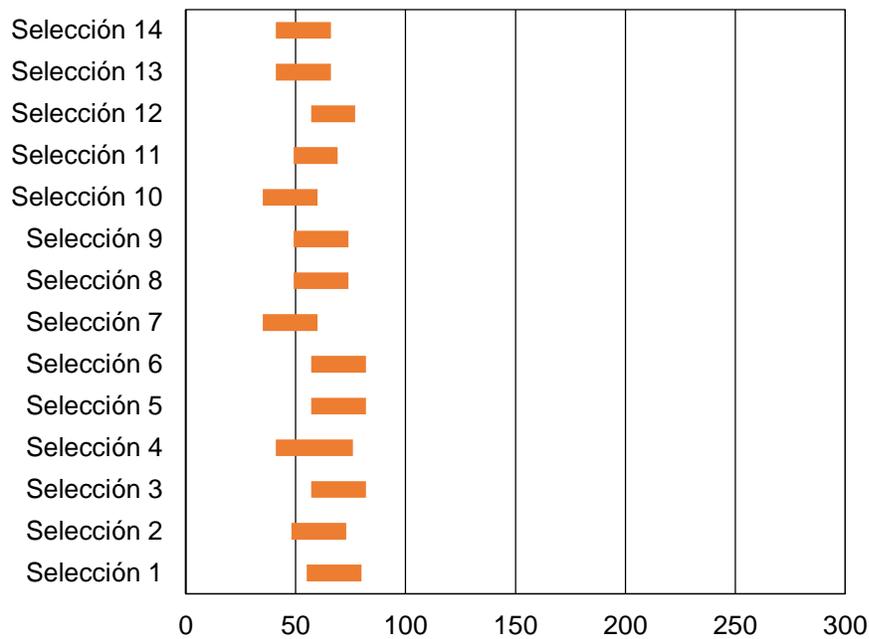


Figura 1. Época de floración de 14 selecciones de duraznero en Aguascalientes.

En la región de Aguascalientes y de Zacatecas la época de floración dependió del genotipo y de su interacción. En esta región, la fecha de floración más temprana (1 de febrero) correspondió a la Selección 4 y la fecha de floración más tardía (20 de marzo) ocurrió en las Selecciones 3, 5 y 6; en otras palabras, que las selecciones de duraznero expresaron floración casi dos meses continuos (Figura 1). Esto concuerda con los estudios de Gutiérrez y Padilla (2004) quienes señalan que en Aguascalientes y Zacatecas la época de floración de diferentes genotipos ocurre entre el 31 de enero y el 24 de marzo. De acuerdo con esta época de floración se puede concluir que existe poco riesgo por daños por bajas temperaturas en la región.

La época de maduración de fruto del duraznero en la región fluctuó entre el 15 de junio y el 10 de septiembre (Figura 2); es decir, que entre todas las selecciones existe el potencial de producir fruto cerca de tres meses continuos. De manera similar, Gutiérrez y Padilla (2004) mencionan que la maduración del duraznero en la región puede ocurrir desde el 12 de junio hasta el 20 de octubre.

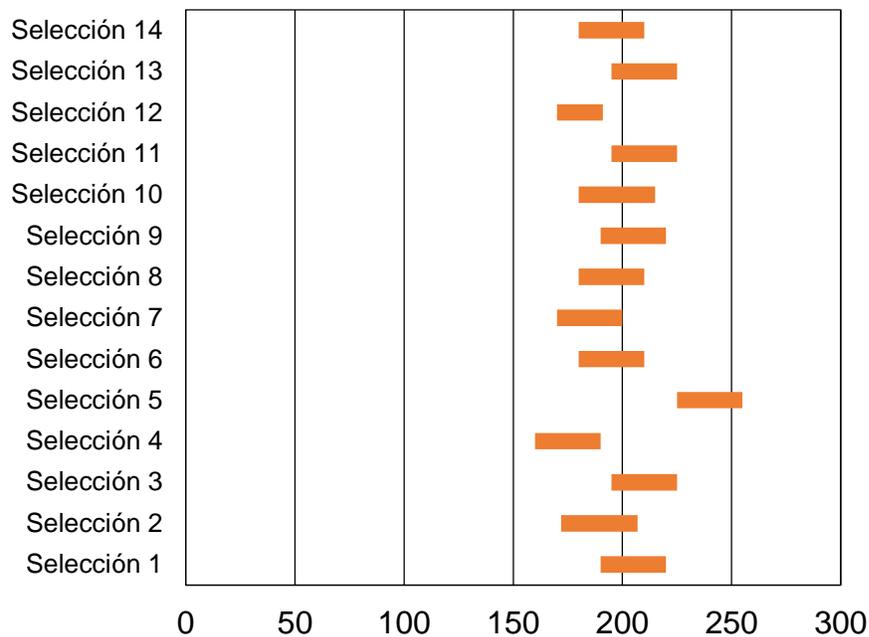


Figura 2. Época maduración de 14 selecciones de duraznero en Aguascalientes.

En general, se detectó amplia variación en la época de ocurrencia de floración y de maduración de fruto entre las selecciones evaluadas en la región de Aguascalientes y de Zacatecas, por lo que existen amplias posibilidades para seleccionar con éxito una variedad temprana y una variedad tardía.

## Conclusiones

Se concluye que las Selecciones 4, 7 y 10 presentan la floración más temprana. La Selección 4 presentó la madurez más temprana y la Selección 5 la madurez más tardía.

## Literatura Citada

- Cantín, C. M., Gogorcena, Y. and Moreno, M. Á. (2009). Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine [*Prunus Persica* (L.) Batsch] breeding progenies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:1909-1917.
- Gutiérrez, A. F. y Padilla, R. J. S. 2004. Rendimiento y calidad del fruto de durazno tipo San Gabriel de maduración temprana. *Agricultura Técnica en México*. 30(1): 75-88.
- 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.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola por estado: uva. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). In: [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). Consultado en línea el 7 de octubre de 2021.

## EFFECTO DE TRATAMIENTOS ORGÁNICOS EN EL CONTROL DE *Varroa destructor* EN POBLACIONES DE *Apis mellifera*

Laura B. Flores Uranday<sup>1</sup>, Ramón Gutiérrez-Luna<sup>2\*</sup>, Erica G. Hernández-Ayala<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Académica de Biología, Universidad Autónoma de Zacatecas. <sup>2</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>3</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. \*Autor de correspondencia: gutierrez.ramon@inifap.gob.mx

### Introducción

La productividad de gran cantidad de especies vegetales dependen del servicio ecológico provisto por los insectos polinizadores, dentro de ellos las abejas (*Apis mellifera*) tienen gran participación. Según Geldmann y González (2018) sin la presencia de abejas, el rendimiento de los vegetales disminuiría hasta en 90%.

La sociedad humana reconoce la importancia de los polinizadores, en particular de las abejas, sin embargo, por cambio climático, africanización, baja y errática presencia de lluvias, así como por las actividades antropogénicas muchos ecosistemas han sido fragmentados y/o degradados, poniendo en riesgo a la especie (Gonçalves *et al.* 2018). Por otra parte aspectos de sanidad han afectado a las poblaciones de abejas destacándose loque americana (*Paenibacillus larvae larvae*), loque europea (*Melissococcus plutonius*), cría calcárea (*Ascosphaera apis*), Nosemosis (*Nosema apis*) y la varroasis ocasionada por el ácaro *Varroa destructor* (varroa). Siendo esta última de gran importancia, pues en colonias que no son tratadas en un plazo máximo de tres años llegan a desaparecer, de ahí que investigadores lleguen a recomendar que cuando la presencia de este ácaro sea  $\leq 10\%$  debe de tratarse (Sanabria, 2015).

Los daños más significativos provocados por *V. destructor*, al succionar la hemolinfa de las abejas, radican en que predispone y trasmite patógenos virales, bacterianos y fungales, como el virus de las alas deformes, cría sacciforme, cría calcárea, loque americana y loque europea, ocasionando que la colmena se debilite y al no ser tratadas, causan su muerte (Cheruiyot, *et al.* 2020). Otro aspecto crítico cuando ocurren grandes infestaciones es que se reduce la concentración de proteína (Morfin *et al.* 2020).

Para poder controlar esta plaga se han empleado diversos acaricidas, entre los más comunes el tau-fluvinato, flumetrina y amitraz, sin embargo, su uso durante las últimas décadas presentaron una pérdida de eficacia. Según el autor Almecija, desde 1995 se presentaron los primeros ensayos donde mostraban la resistencia del ácaro hacia el tau-fluvinato y la pérdida de efectividad del amitraz (los ácaros presentan resistencia en un 71% al amitraz y un 57% al tau-fluvinato). Si esta resistencia sigue aumentando, la eficacia de los tratamientos más comúnmente usados disminuirá y por lo tanto serán necesarios más tratamientos al año (Almecija *et al.* 2020)

La resistencia de los ácaros varía de una región a otra y dependiendo de múltiples factores como los productos químicos que componen el acaricida y su frecuencia de aplicación. Estudios recientes reportan que esta resistencia al tau-fluvalinato proviene de diferentes mutaciones (L925V es la más común en Europa) y a la resistencia metabólica como forma de desintoxicación. Sin embargo su resistencia puede ser muy variable, ya que los ácaros desarrollan una alta resistencia al tau-fluvinato, mientras que la resistencia al amitraz parece más lenta y con una tasa más baja (Almecija *et al.* 2020).

Respecto a los tratamientos utilizados para erradicar la varroa, hasta hace algunos años y en menor medida en el presente, se utilizan productos químicos, con lo cual se corre el riesgo de contaminar la miel, además de inducir a la resistencia del ácaro a los diferentes productos. De ahí que muchos trabajos se hayan desarrollado a fin de probar productos orgánicos y su control de la varroa. En la primer mitad del siglo XX, la varroa amplió sus hospederos, contaminando a la abeja *Apis mellifera*, con ello se extendió alrededor del mundo dada la distribución de la abeja europea en los diferentes continentes (Dynes *et al.* 2020).

Los residuos químicos en la miel y la resistencia de *V. destructor* a sustancias químicas, ha despertado el interés por buscar tratamientos alternativos para minimizar la presencia del ácaro sin perjudicar a las poblaciones de abejas melíferas y a los productos de la colmena (Bacci, 2008y Chafra, 2017). El objetivo de la presente investigación, es evaluar dos tratamientos orgánicos para el control de *Varroa destructor* en poblaciones de *Apis mellifera*.

## **Materiales y Métodos**

### *Ubicación*

El trabajo fue desarrollado en el apiario experimental "El Saladillo", localizado en el municipio General Pánfilo Natera, Zacatecas, México, 22° 41' 20.4" de latitud y longitud 22° 41' 20.4", con una altitud de 2065 msnm. El área de estudio presenta una vegetación matorral desértico micrófilo con dominancia de mezquital, con clima BSk, considerado como frío y semiárido. La temperatura media anual es de 16.6°C y tiene una precipitación media anual de 434 mm (Echavarría *et al.* 2020, INIFAP, 2019 e INEGI, 2018).

### *Material biológico*

Se emplearon colmenas tipo Langstroth, las cuales contaban con una reina cada una (todas de la misma edad) y eran alimentadas cada 8 días con jarabe en una proporción de 1:1 de azúcar y agua. De estas colmenas seleccionadas (las que contaban con 4 y 5 bastidores de cría) fueron diagnosticadas para determinar el nivel de infestación de *V. destructor* tanto en cría como en adulto. El tamaño de muestra fue de 30 colmenas que tuvieron nivel de infestación similar.

### *Distribución de tratamientos*

De las 30 colmenas, se generaron 3 grupos experimentales (Timol en gel, Aceite esencial de orégano y Testigo), contando con 10 colmenas en cada grupo.

### Tratamientos

Timol: se elaboró un gel a base de Carbopol con la concentración de 100ml de agua a temperatura normal con 10g de Carbopol, agitándose alrededor de 1 minuto para crear la consistencia gelatinosa. Posteriormente se pesó 50g de gel y 12.5g de timol, las cuales en conjunto se colocaron y mezclaron sobre bandejas de aluminio de 9.5 cm de diámetro y 1 cm de grosor; las bandejas se colocaron sobre los cabezales de panales de cámara de cría y cada bandeja permaneció por 15 días durante un periodo de 4 semanas.

Aceite esencial de oregano: Para llevar a cabo este tratamiento se preparó un jarabe de azúcar con concentración 1:1 (un kilo de azúcar un litro de agua), por cada 10 litros de jarabe se añadió 8.823 ml de aceite esencial de orégano y 6.1755ml de alcohol al 96°. Y a cada colmena se le suministraron por semana 1 L de la mezcla durante 4 semanas.

Testigo: El grupo testigo estaba conformado por 10 colmenas las cuales no recibieron ningún tratamiento (solo se alimentaban con la misma proporción 1:1 azúcar y agua) a lo largo del experimento. Se muestrearon abejas obreras para hacer el diagnóstico de infestación de varroa y de la caída natural del ácaro.

Para el muestreo de varroa se contaron los ácaros de *V. destructor* que se localizaban dentro de una lámina. El material que se utilizó como guía fueron 4 tiras de cartón, 2 con las medidas de 60cm y 2 tiras de 34 cm (el largo y ancho de la lámina). Se colocaron y pegaron de tal manera que abarcaran toda la lámina.

Posteriormente este fue dividido con hilo en 24 cuadros, en una medida de 10 cm de largo por 8.5 cm de alto. Esto con el fin de ayudar a guiar el ojo al contar y evitar así el doble conteo de uno o varios ácaros.

Se determinó el nivel de infestación por el ácaro en larvas y abejas en estadio ninfal de las colmenas antes del tratamiento y al finalizarlo, colectando previamente muestras de panal con un tamaño de 5 x 5 cm con cría operculada de obreras que se conservaron en congelación de -2°C. Posteriormente se dividió el número de celdas parasitadas entre el número de celdas operculadas multiplicado por cien dando como resultado el porcentaje de infestación de varroa.

Se determinó el nivel de infestación por el ácaro en abejas adultas en cada una de las colonias de los 3 grupos cada 8 días durante 5 semanas. Para esta prueba, se tomó la muestra deslizando el frasco hacia abajo de ambos lados del cuadro y se repitió en todas las colmenas, así se colectó una muestra de obreras adultas. Después en laboratorio fue necesario utilizar un frasco de boca ancha, un tamiz y alcohol al 70%; se agitó el contenido del frasco durante 10 minutos. Enseguida se vació el contenido del frasco sobre un filtro de tela que se localizó sobre un vaso de precipitado; así las abejas se quedaban en el frasco, los ácaros en el filtro y el alcohol caía en el vaso de precipitado. Se realizó el conteo de abejas melíferas y de ácaros, y para calcular el porcentaje de infestación se dividió el número de ácaros entre el número de abejas y se multiplicó por cien.

### *Diseño experimental*

El diseño experimental fue Bloques Completamente al Azar, con muestro directo. Se evaluaron dos tratamientos que se aplicaron a 10 colmenas y un grupo testigo, dando un total de tres tratamientos.

### *Análisis de información*

Se realizó un análisis de la información recabada a través del tiempo para lo cual se utilizó un diseño de medidas repetidas el cual se le realizó un análisis de varianza, previo al análisis de información se normalizaron los datos por ser medidas discretas, esto a fin de asegurarse que tuvieran una distribución normal, ya que con ello se asume que existe linealidad entre las observaciones, proceso conocido como transformación de la linealidad. Además de asegurar que la varianza del error sea constante entre observaciones, pues la información recabada fue a través del tiempo lo cual implica una tendencia a la linealidad y normalidad. Para esta transformación se recurrió al método de transformación logarítmica. Los datos obtenidos del experimento se analizaron con los procedimientos Mixed y GLM del programa de SAS para Windows, versión 8 (SAS Institute, 2001), para un diseño en bloques al azar con medidas repetidas. La prueba de comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan (Steel y Torrie, 1988).

## **Resultados y Discusión**

Los resultados encontrados en la presente investigación revelan que el Aceite Esencial de orégano posee una efectividad con *V. destructor* en larvas y crías operculadas y una efectividad aún más alta en el grupo experimental de Timol. Ya que el porcentaje de infestación de varroa en larvas al inicio del tratamiento fue de: 14.43% en el grupo de colmenas designadas al Timol, 11.55% en el grupo del Aceite Esencial de Orégano y 9.27% para el Testigo. Una vez concluidos los tratamientos, los niveles de infestación en la cría operculada disminuyeron a 2.21% en Timol y 6.20% en el Aceite Esencial de Orégano, mientras que el grupo testigo aumentó al 13.53% como se tenía previsto. En el análisis de varianza se identificó que hasta la quinta fecha de muestreo existió diferencia significativa entre medias de tratamientos al nivel de  $P \leq 0.05$ . Esto indica que existe un efecto acumulativo de tratamiento. Así mismo en la comparación múltiple de medias a través de prueba de medias de Duncan  $P = \leq 0.05$  se detectaron dos grupos estadísticos conformados de la siguiente manera: el timol al ser un agente fuerte se buscó la manera de que tuviera un efecto de lenta liberación con el gel para evitar el abandono de las colmenas y esto causó un efecto acumulativo (Cuadro1).

Cuadro 1. Comparación múltiple de medias (Duncan) de tratamientos orgánicos contra Varroa en colmenas, El Saladillo, Pánfilo Natera, Zacatecas. 2019

Grupo	Media	N	Tratamiento
A	0.869	9	3
AB	0.651	9	2
B	0.485	8	1

Letras diferentes si existe significancia estadística entre las medias de tratamiento al nivel de (Duncan)  $P \leq 0.05$ .

Respecto al Timol en gel, presentó una eficacia aceptable, sin embargo puede que las condiciones ambientales influyeran respecto al resultado final. Esto se debe a que en estudios posteriores como los de Itzá (2007), el cual consiste en una mezcla de 12.5g de timol y 50g de gel adentro de una bandeja de aluminio con un diámetro de 9.5cm; fueron realizados bajo las condiciones ambientales de Yucatán, y considerando que presenta una mayor temperatura tuvo mejor efecto la liberación lenta y constante del ingrediente activo dando de resultado una eficacia del 97% en las colmenas que se les aplico una bandeja de gel. Sin embargo este estudio presentó 80.04 % de eficacia en las colmenas que se aplicaron dos bandejas de gel.

## Conclusiones

La tasa de infestación promedio en abejas adultas previo al tratamiento fue de 4.95% para las colmenas designadas al tratamiento de Timol, 5.36% para el Aceite esencial de orégano y 6.77% para el grupo testigo. Al finalizar los tratamientos el nivel de infestación en abejas adultas con timol descendió a 1.85%, el de Aceite esencial de orégano aumento a un 6.91%. Al concluir los tratamientos disminuyeron a 2.21% en Timol y 6.20% en el Aceite Esencial de Orégano. La eficacia del tratamiento con timol fue del 80.40%, mientras que la de Aceite esencial de orégano fue del 67.02%.

## Literatura Citada

- Almecija, G., B. Poirot, P. Cochard and C. Suppo (2020). "Inventory of Varroa destructor susceptibility to amitraz and tau-fluvalinate in France." *Exp Appl Acarol* 82(1): 1-16.
- Bacci, M (2008). Tratamiento y productos para el control de Varroa. Disponible en: [www.sada.org.ar](http://www.sada.org.ar) (Consultado: 22/03/20).
- Chafla Ch.C.J. 2017. Acaricidas sintéticos y naturales para el control de varroa destructor en colmenas Apis mellifera (tesis de grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
- Dynes, T. L., J. A. Berry, K. S. Delaplane, J. C. de Roode and B. J. Brosi (2020). "Assessing virulence of Varroa destructor mites from different honey bee management regimes." *Apidologie* 51(2): 276-289.
- Geldmann, J. and J. P. González-Varo (2018). Conserving honey bees does not help wildlife. *Science* 359(6374): 392-393.
- Gonçalves, W. G., K. M. Fernandes, W. C. Santana, G. F. Martins, J. C. Zanuncio and J. E. Serrão (2018). "Post-embryonic development of the Malpighian tubules in Apis mellifera (Hymenoptera) workers: morphology, remodeling, apoptosis, and cell proliferation." *Protoplasma* 255(2): 585-599.
- Morfin, N., P. H. Goodwin and E. Guzman-Novoa (2020). "The Combined Effects of Varroa destructor Parasitism and Exposure to Neonicotinoids Affects Honey Bee (Apis mellifera L.) Memory and Gene Expression." *Biology (Basel)* 9(9).
- Sanabria, J. L., J. Demedio, T. Pérez, I. Peñate, D. Rodríguez and W. Lóriga (2015). "Índices de infestación por Varroa destructor en colmenas sin medidas de control." *Revista de salud animal* 37(2): 118-124.
- SAS Institute. 2001. SAS User's Guide. Release 8.1. 6 a (Ed.). SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 956 p.

Steel, R. G. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Martínez, B. R. (Trad.). 2a (Ed.) Mc Graw-Hill/Interamericana de México. México. 622 p.

## **REGISTROS NOTABLES DE VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780) EN DOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE CUATRO MUNICIPIOS DE DURANGO, MÉXICO**

Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>1\*</sup>, Mayela Rodríguez-González<sup>2</sup>, Gonzalo Hernández-Ibarra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. Carretera Federal Panamericana Km. 159.4 Colonia ETA, CP 35760 Rodeo, Durango, Méx. <sup>2</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. CP 35230 Bermejillo, Durango, Méx. \*Autor de correspondencia: luis.yanez@utrodeo.edu.mx

### **Introducción**

Los venados cola blanca representan al grupo más numeroso dentro de los mamíferos silvestres de México (PROFEPA, 2020). Aun cuando, en muchas áreas, su número de individuos había disminuido, hasta casi su extinción, recientemente han alcanzado un número importante debido al mejoramiento de sus hábitats y desarrollo de una cultura cinegética. Al evolucionar siempre como una presa, el venado cola blanca buscó protección en los terrenos más agrestes y lejanos, sus movimientos se volvieron cautelosos, sus agudos sentidos y percepción de lo que lo rodeo se exacerbaban, volviéndolo un individuo sigiloso y desconfiado (Ramírez-Lozano, 2012).

La especie de venado cola blanca corresponde a uno de los herbívoros silvestres que se encuentra en casi todo el territorio nacional, con excepción de la península de Baja California, sobre una gran variedad de ecosistemas de México que van desde las regiones secas del norte, pasando por los bosques templados, hasta las regiones tropicales del sur (Galindo-Leal & Weber, 1998). Sin embargo, la mayoría de la información sobre la ecología y manejo de venado cola blanca se enfoca a ambientes húmedos y subhúmedos, donde la precipitación es relativamente alta y el ambiente relativamente estable (Fulbright & Ortega-Santos, 2007). Delfín *et al.* (2014) afirman que los modelos espaciales, la caracterización del hábitat e identificación de factores que determinan el uso de hábitat son herramientas que permiten describir las condiciones bajo las que prospera la población de este cérvido. Se requieren realizar estudios hacia los hábitats menos productivos para esta especie, donde los patrones climáticos de largo plazo incluyen la presencia de sequías y por ende sitios con baja presencia de alimento. Por ello, el objetivo del estudio fue documentar, georreferenciar y caracterizar los sitios de observación obtenidos a través de imágenes fotográficas de individuos y huellas de venado cola blanca dentro de su área de distribución natural en la zona semiárida de cuatro municipios del Norte del estado de Durango, México.

### **Materiales y Métodos**

El estudio se llevó a cabo en los municipios de Tlahualilo, Mapimí, San Pedro del Gallo e Hidalgo, ubicados al Norte del estado de Durango, México, como parte de un estudio de monitoreo sobre fauna silvestre del área de influencia de la Universidad Autónoma Chapingo.

El clima en esta zona es semiárido, con vegetación dominada por matorral desértico micrófilo y rosetófilo. La precipitación media anual varía de 250 a 550 mm y la temperatura fluctúa entre 17.5 y 19.5 °C (INEGI, 2021).

El trabajo se realizó durante el periodo de enero de 2017 a julio de 2021. Para ello, se efectuaron muestreos aleatorios de mamíferos terrestres mediante recorridos por caminos y veredas para el avistamiento de especies y recolectas de huellas. Adicionalmente, se usaron algunas fotografías de individuos tomadas por pobladores que suelen realizar transectos ocasionales en las localidades del área de estudio.

Se destaca que el venado cola blanca se considera una especie crepuscular, es decir que tiene mayor actividad durante el amanecer y el atardecer, cuando las condiciones climáticas son favorables para ello, evitando la pérdida de energía por frío o de agua por temperaturas elevadas; por ello las observaciones fueron obtenidas en las primeras horas de la mañana y en el atardecer.

Cada observación de la especie fue registrada, fotografiada y georreferenciada con un GPS Garmin Etrex 30. Para la caracterización de huellas se utilizó la metodología de identificación de Aranda (2012). Posteriormente, se realizó la descripción del sitio de cada observación, además se generó un mapa con los puntos de GPS mediante el sistema de información geográfica ArcMap 10.1 (ESRI, Redlands, CA, USA).

## **Resultados y Discusión**

Las observaciones de venado cola blanca en los cuatro municipios ubicados al Norte del estado de Durango estuvieron integradas por 16 registros fotográficos de individuos; 13 especies vivas, 2 muertas y 1 observación de huellas (Cuadro 1). Esta especie de mamífero, aunque es abundante en México, se desconoce su riqueza en ambientes áridos y semiáridos, su estatus de conservación y la influencia de los ambientes antropogénicos en su distribución natural.

Al respecto, los patrones de actividad del venado pueden modificarse por la influencia de la actividad humana como la ganadería y la cacería (Ezcurra y Gallina, 1981). En sitios donde se utiliza la ganadería extensiva durante la época de lluvias, el venado se desplaza hacia altitudes mayores para evitar encuentros, y durante las secas, el venado tiende a desplazarse en un gradiente más amplio, prefiriendo sitios alejados de asentamientos humanos (Corona, 2003).

Cuadro 1. Registros notables de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780) durante el periodo 2017-2021 dentro de su área de distribución al Norte de Durango.

Registro	Fecha de observación	de	Observación *	Altitud (m)	Municipio	Descripción del individuo	Caracterización del sitio
1	15/10/17 08:50 h		FIV	1246	Mapimí	Macho adulto	Arbustos de porte bajo
2	27/11/17 10:47 h		FIV	1688	San Pedro del Gallo	Hembra adulta	Arbustos densos de porte medio
3	27/11/17 09:55 h		FIV	1692	San Pedro del Gallo	Macho juvenil	Arbustos densos de porte medio
4	06/08/19 14:25 h		FIV	1802	Hidalgo	Macho adulto	Arbustos de porte alto
5	02/07/20 08:10 h		FH	1828	Hidalgo	Juvenil	Arbustos de porte medio
6	03/09/20 08:00 h		FIV	1170	Mapimí	Macho adulto.	Arbustos de porte bajo
7	25/07/20 11:35 h		FIV	1340	Mapimí	Macho adulto	Arbustos de porte bajo
8	12/10/20 09:10 h		FIV	1321	Mapimí	Macho adulto	Arbustos de porte medio
9	18/11/20 21:15 h		FIV	1220	Mapimí	Macho adulto	Arbustos de porte bajo
10	05/02/21 09:23 h		FIV	1355	Mapimí	Macho juvenil	Arbustos de porte bajo
11	28/02/21 10:12 h		FIV	1278	Mapimí	Macho adulto	Arbustos de porte bajo
12	26/01/21 18:10 h		FIV	1680	Mapimí	Hembra adulta	Arbustos de porte medio
13	01/03/21 10:15 h		FIM	1103	Tlahualilo	Hembra juvenil	Sitio de abrevadero de ganado
14	10/07/21 08:30 h		FIM	1145	Mapimí	Macho adulto	Arbustos de porte bajo poco densos
15	25/07/21 09:45 h		FIV	1280	Mapimí	Hembra adulta	Arbustos de porte bajo
16	25/07/21 09:46 h		FIV	1280	Mapimí	Hembra juvenil	Arbustos de porte bajo

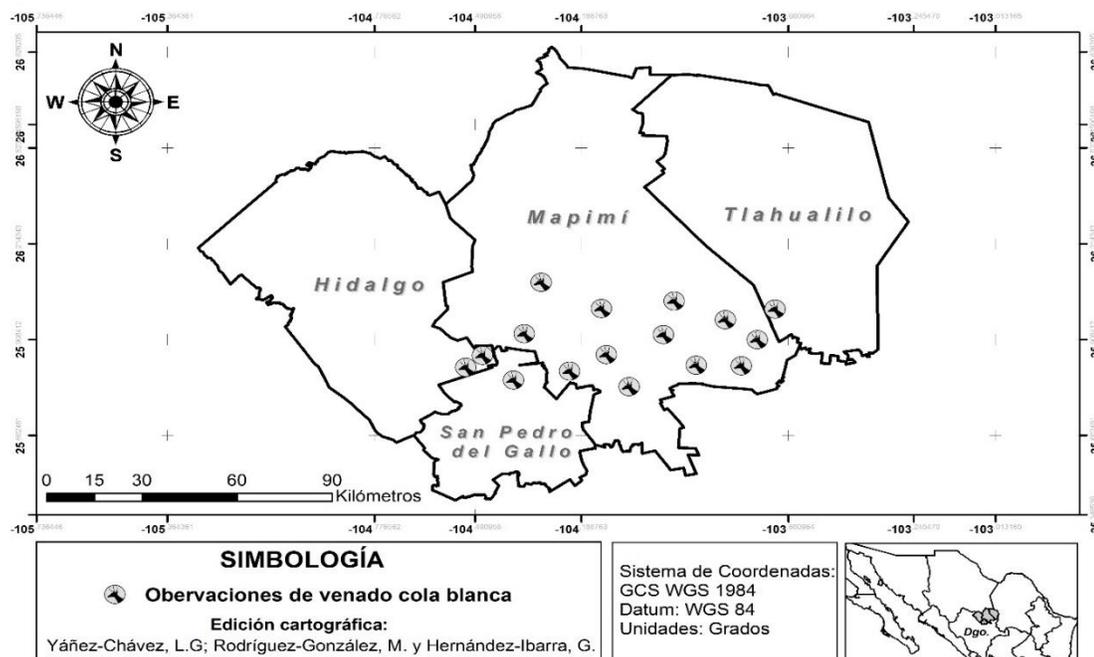
\*FIV: Fotografía de individuo vivo; FIM: Fotografía de individuo muerto; FH: Fotografía de huellas.

La presencia de venado varió entre los hábitats, teniendo mayores registros en las áreas de arbustos de porte bajo (62.5%), y arbustos de porte medio (25%), y en menor medida los sitios con arbustos de porte alto y sitios de abrevaderos (6.3% cada uno). La selección de hábitat está influenciada por los hábitos ramoneadores de la especie, además de que consume una gran variedad de especies vegetales de porte herbáceo y arbustivo, y una pequeña cantidad de gramíneas. Su dieta presenta variaciones estacionales en el consumo y preferencia y, además, varía en función de las condiciones y características del hábitat (Villarreal *et al.*, 2008). Además, *O. virginianus* se caracteriza por ser un herbívoro seleccionador oportunista ya que elige las partes de las plantas de mayor digestibilidad y calidad nutricional como son las hojas y ramas tiernas (López *et al.*, 2012) lo que explica su mayor presencia en los sitios mencionados.

Ocaña *et al.* (2020) encontraron en un estudio sobre venado cola blanca estudiando la carga animal en dos tipos de vegetación en Chiapas que se puede inferir que no existe sobrecarga animal en la zona de estudio. Al igual que los resultados obtenidos en el presente estudio en el componente tipo de vegetación las variables (Ocaña *et al.*, 2020), señalan que el hábitat del venado está determinado principalmente por disponibilidad de alimento; accesibilidad a la biomasa; mayor diversidad y uniformidad de plantas preferidas por el venado, cobertura de protección; y mínima competencia con el ganado vacuno.

Aunque el venado cola blanca puede ser capaz de sobrevivir sin agua superficial por periodos prolongados de tiempo, en épocas de extrema sequía, la ausencia de agua superficial puede ocasionar su muerte por deshidratación (Hardin *et al.*, 1984). Las condiciones naturales de la región de estudio han llevado a los productores ganaderos a construir fuentes de agua artificiales (represas o canales), los cuales al ser muy profundos y no contar con cercados representan un riesgo para la fauna silvestre que al intentar beber directamente pueden caer y perder la vida; como fue el caso de los individuos reportados sin vida.

La obtención georreferenciada de los registros de venado cola blanca, permitió generar un mapa donde se observa su distribución en algunos municipios del Norte de Durango, Méx. (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de los registros notables de venado cola blanca al Norte de Durango, Méx.

## Conclusiones

Se obtuvo mayor registro de observaciones del venado cola blanca en sitios alejados de caminos principales, con vegetación de porte bajo y medio, y menor presencia antropogénica, por lo que se deduce que las características del hábitat y la actividad humana pueden influir en los sitios de actividad del venado. Igualmente, se recomienda complementar el método de observación directa de la especie con apoyo de la telemetría y el foto-trampeo.

## Literatura Citada

- Aranda, S. J. M. (2012) Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, 255 pp.
- Corona Zarate P. 2003. Bases biológicas para el aprovechamiento del venado cola blanca en el Ejido "El Limón de Cuauchichinola" municipio de Tepalcingo, Morelos. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaro, S. A., & López-González, C. A. (2014). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. pp: 317-349. En: S. Gallina-Tessaro & C. López-González (eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Qro., México.
- Ezcurra E. y Gallina S. 1981. Biology and population dynamics of White-tailed deer in Northwestern México. Pp. 81-108. En: Ffolliot P. F. y Gallina S. (Eds.) Deer biology habitat requirements and management in Western North America. S. Instituto de Ecología, Méx.
- Fulbright, T. E., & Ortega-Santos, J. A. (2007). Ecología y manejo de venado cola blanca. Texas A&M University Press.
- Galindo-Leal, C. & M. Weber. (1998). El Venado de la Sierra Madre Occidental. Ecología, Manejo y Conservación. EDICUSA-CONABIO. México, D. F. 272 p.
- Hardin, J., Klimstra, W. & Silvy, N. (1984). Chapter 19 Florida Keys. L. Halls, ed. White-tail Deer ecology and management. Wildlife Management Institute. USA. Pp 381-390.
- INEGI. (2021). Descarga de mapas digitales de los temas climatología serie II y uso de suelo y vegetación y climatológica serie VI de la República Mexicana. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C., & Herrera-Corredor, A. (2012). Composición nutricional de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* ssp. *mexicanus*) en Pitzotlán, Morelos. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 18(2), 219-229 p.
- Ocaña-Parada C. de J., Villarreal Espino-Barros Óscar A., Barrera-Rodríguez E., Martínez-Ramírez L. P., & Serna-Lagunes R. (2020). Capacidad de carga de *Odocoileus virginianus* en dos tipos de vegetación, Chiapas, México. Revista de Geografía Agrícola, (65), 109-124. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2020.65.06>
- PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente). 2020. Mamíferos en México (Primera parte). Artículo de divulgación. México.
- Ramírez-Lozano, R. G. (2012). Alimentación del venado cola blanca: biología y ecología nutricional. Palibrio. Bloomington, IN.
- Villarreal-Espino-Barros, O. A., Campos-Armendia, L. E., Castillo-Martínez, T. A., Cortes-Mena, I., Plata-Pérez, F. X., & Mendoza-Martínez, G. D. (2008). Composición botánica de la dieta del venado temazate rojo (*Mazama temama*), en la sierra nororiental del estado de Puebla. Universidad y Ciencia. 24(3): 183-188.

## **COMPARACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EN DOS PERIODOS DEL AÑO EN EL MUNICIPIO DE MAPIMÍ, DURANGO, MEDIANTE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS.**

Rosalía Márquez Márquez\*, José Manuel Cisneros Vázquez, Gonzalo Hernández Ibarra

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo Unidad, Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango. C.P. 35230. \*Autor de correspondencia: chalymarquez07@gmail.com

### **Introducción**

Se consideran zonas áridas, aquellas áreas que reciben una precipitación pluvial media anual menor a 350 mm, y semiáridas a las que reciben entre 350 y 600 mm anuales (Tarango, 2005). En el territorio mexicano el 52 % de su superficie presenta algún nivel de aridez, siendo estas áreas habitadas por amplios sectores de población humana, lo que hace aún más necesario el estudio de las zonas áridas para determinar los patrones y procesos biológicos y ecológicos que predominan en estas regiones. (Flores Ortiz, 2016).

Las plantas presentes en los ecosistemas áridos y semiáridos, soportan condiciones climáticas y ambientales muy estresantes tales como periodos prolongados de sequía, temperaturas extremas, suelos de baja fertilidad y altos grados de erosión (Quiñónez Martínez et al., 2018). La vegetación de zonas áridas presenta grandes variaciones. Aunque predominan las formas de vida arbustiva, con plantas bajas, leñosas y muy ramificadas desde la base; su composición florística varía de acuerdo con las características microclimáticas, topográficas, sustrato geológico y condiciones edáficas de las diversas localidades (Cervantes Ramírez, 2002).

La evaluación de la cobertura vegetal es de gran importancia en cualquier ecosistema o sistema de producción, ya que con esto podemos ver en qué estado físico se encuentran las plantas. El conocer nuestra vegetación y saber cómo cambia proporciona información veraz, oportuna e indispensable para planificar de manera eficaz y eficiente las actividades de producción, manejo y conservación de los ecosistemas (FMCN et al., 2018).

La teledetección, constituye una técnica más de la información territorial, que unida a otros datos cartográficos o estadísticos, facilita una evaluación más certera sobre el paisaje (Bautista, Palacio y Delfín, 2011). El índice GLI (Green Leaf Index) es una buena alternativa para obtener indicadores de las características biofísicas de la vegetación, provenientes de Vehículos Aéreos No tripulados (VANT) (Louhaichi, et. Al 2001).

### **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó en el Ejido La Victoria, ubicado en el municipio de Mapimi del estado de Durango, sus coordenadas geográficas son 103° 35' longitud oeste y 25° 53' latitud norte, con una altitud 1109 metros sobre el nivel del mar, en el lugar se tomaron dos sitios como áreas de estudio. En la figura 1 se muestra la metodología utilizada para calcular el GLI.

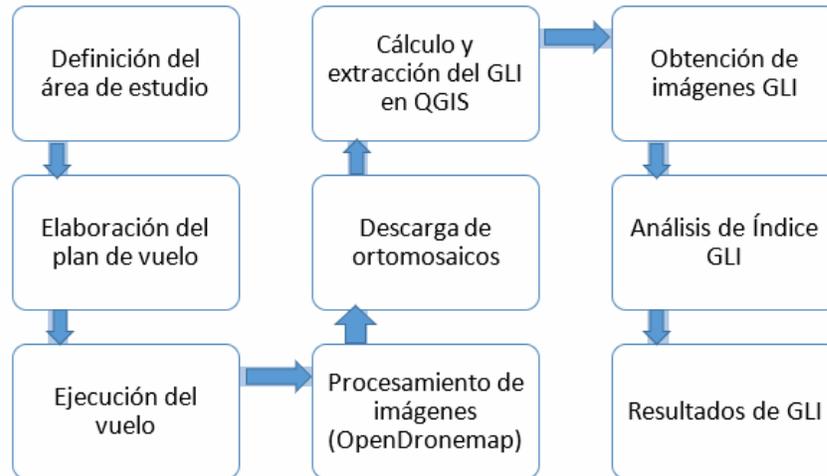


Figura 1 Flujo de trabajo para el cálculo del Green Leaf Index en los sitios de estudio.

## Resultados y Discusión

En las figuras 2 y 3 se puede observar que hay diferencias notables de forma visual en los valores de GLI, ya que el periodo húmedo (agosto) presenta valores más altos para el índice de vegetación que el periodo seco (febrero).

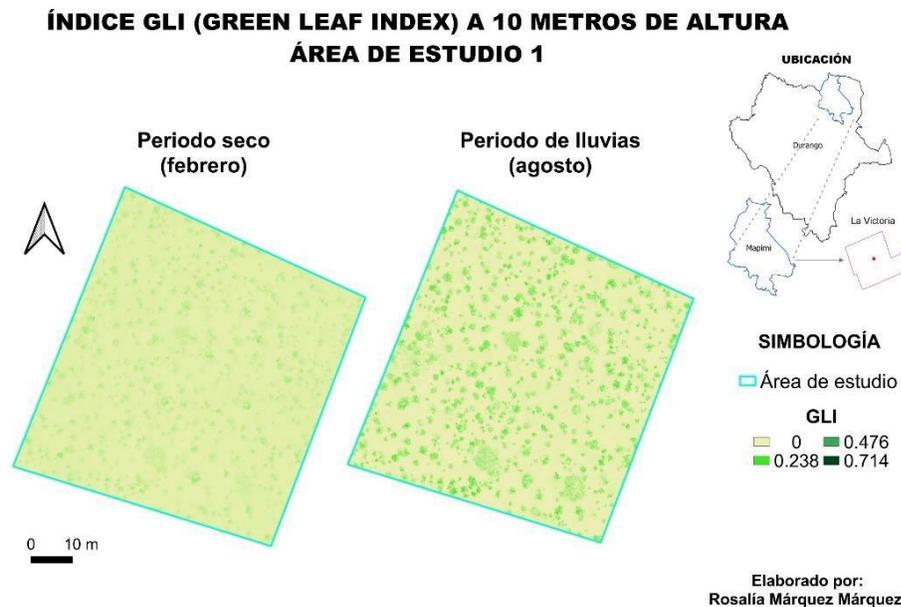


Figura 2 Mapa de los GLI calculados con los ortomosaicos generados de los vuelos realizados con un dron DJI Mavic Pro el 20 de febrero y el 10 de agosto de 2021 en el sitio 1.

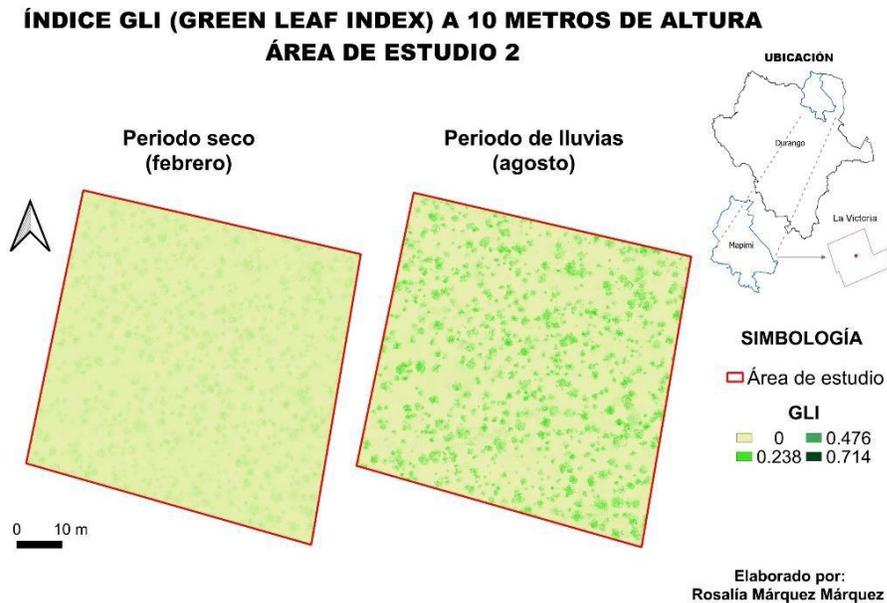


Figura 3 Mapa de los GLI calculados con los ortomosaicos generados de los vuelos realizados con un dron DJI Mavic Pro el 20 de febrero y el 10 de agosto de 2021 en el sitio 2.

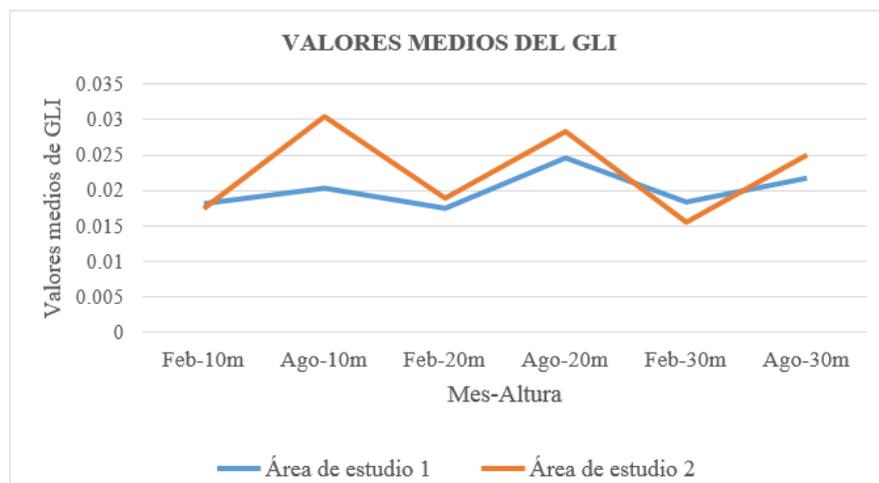


Figura 4 Valores medios del GLI de las dos áreas de estudio, en las dos estaciones del año a las tres diferentes alturas.

El análisis de los diferentes GLI arroja los valores medios de las áreas de estudio, en las dos estaciones del año a las tres diferentes alturas.

En la figura 4 se puede observar como los valores medios de GLI son más altos para el mes agosto en comparación a los valores del mes de febrero, lo cual hace sentido debido a que en el mes de febrero al ser la estación seca, la vegetación esta en estrés hídrico, por lo tanto, las plantas presentan nula o muy poca cantidad de follaje lo que arroja baja cantidad de clorofila, en cambio en el mes de agosto al estar en verano y con presencia de lluvias, la vegetación esta con gran vigorosidad y mayor follaje por lo que la clorofila aumenta.

Con respecto a las alturas de vuelo al realizar la prueba de t para comparar las medias de GLI para las alturas 10 y 20, 10 y 30 y 20 y 30 metros respectivamente se encontraron diferencias significativas con un nivel de Alpha =0.05.

## Conclusiones

Los valores medios del Green Leaf Index nos proporciona información valiosa con respecto a la cobertura vegetal en los sitios de estudio.

Existen diferencias significativas entre las distintas alturas de vuelo para adquirir fotografías a través de Vehículos Aéreos No Tripulados.

Otra de las ventajas al hacer evaluaciones de cobertura vegetal con VANT es la alta resolución temporal y espacial.

La resolución temporal es muy alta debido que pueden realizar vuelos con el dron cualquier día solo evaluando que las condiciones climáticas sean apropiadas, es decir que se puede obtener información actualizada en tiempo real. Al igual que la resolución temporal, la resolución espacial es muy alta debido que los VANT permiten realizar vuelos a alturas bajas lo que permite que se obtenga información más detallada de las áreas de estudio.

## Literatura Citada

- Bautista, F., Palacio, J. L., y Delfín, H. (2011). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. UNAM. [https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook\\_file/tmuestreo.pdf](https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/tmuestreo.pdf)
- Cervantes Ramírez, M. C. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. UNAM. <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Usoderrecursos/08.pdf>
- Flores Ortiz, C. M. (2016). I Reunión Nacional de Zonas Áridas. Revista fitotecnia mexicana, 39(1), 7-8. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n1/v39n1a3.pdf>
- FMCN, CONAFOR, USAID y USFS (2018). Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. BIODIVERSIDAD-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad. Comisión Nacional Forestal-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. <https://fonnor.org/wp-content/uploads/2019/02/4.-Manual-de-Monitoreo-Vegetacion.pdf>
- Louhaichi, M., Borman, M. M., y Johnson, D. E. (2001). Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. Geocarto International, 16(1). [https://www.researchgate.net/publication/228906661\\_Spatially\\_Located\\_Platform\\_and\\_Aerial\\_Photography\\_for\\_Documentation\\_of\\_Grazing\\_Impacts\\_on\\_Wheat](https://www.researchgate.net/publication/228906661_Spatially_Located_Platform_and_Aerial_Photography_for_Documentation_of_Grazing_Impacts_on_Wheat)
- Quiñónez Martínez, M., Enríquez Anchondo, I. D., Flores Margez, J. P., Palacios Ramirez, K. Y., Olivas Sánchez, M. P., Garza Ocañas, F., Lebgue Keleng, T. y Nájera Medellín, J. A. (2018). Comunidades vegetales en suelo de ecosistema semiárido y su relación con hongos micorrízicos. Terra Latinoamericana, 36(4), 381-391. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.401>
- Tarango, L. A. A. (2005). Problemática y alternativas de desarrollo de las zonas áridas y semiáridas de México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 4(2), 17-21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545052003>

## USO Y PREFERENCIA DE SITIOS DE PERCHA POR ESPECIES DE PALOMAS (*Columbidae*) EN EL EJIDO LA VICTORIA, MAPIMÍ, DURANGO, MÉXICO

Gonzalo Hernández-Ibarra<sup>1\*</sup>, Luis Gerardo Yáñez-Chávez<sup>2</sup>, Mayela Rodríguez-González<sup>3</sup>, Amara Sahad Jiménez-Chávez<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. C.P. 35230 Bermejillo, Durango, México. <sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Rodeo. Carretera Federal Panamericana Km. 159.4 Colonia ETA, C.P. 35760 Rodeo, Durango, México. <sup>3</sup>Estudiante de Doctorado del Posgrado en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. <sup>4</sup>Estudiante de Maestría del Posgrado en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. \*Autor de correspondencia: chalanza2011@gmail.com

### Introducción

A lo largo de la historia el hombre ha coexistido con otras especies tanto vegetales como animales obteniendo diferentes beneficios como: alimento, cobijo, compañía, y relajamiento en distintos hábitats e interacciones muy estructuradas a través del tiempo. Particularmente las aves como grupo son las más conocidos de la diversidad biológica de América del Norte. Se estima que unas 1400 especies de aves, es decir el 20% de la avifauna del mundo habita esta región. México es un país con gran diversidad de especies de aves; ocupa el doceavo lugar a nivel mundial y el primero en Norteamérica con alrededor de 1060 especies (CONABIO, 2021). Autores como (Reyes, 2000) coinciden en que esta enorme diversidad se debe, entre otras razones, a que la avifauna está compuesta por especies con afinidades neárticas (Norteamérica) y neotropicales (Centro y Sudamérica).

A las palomas se les reconoce su papel de mensajeras, pero también son apreciadas para la recreación, turismo, terapia y ornato. Cuando las poblaciones de palomas se encuentran controladas (baja cantidad de individuos, ubicación idónea y estado de salud óptimo) constituyen un valor añadido a la belleza de cualquier ciudad. Aunque también son peligrosas cuando se asocian en gran número dentro de los asentamientos urbanos se transforman en plagas capaces de transmitir enfermedades, contaminar alimentos y dañar estructuras generando grandes pérdidas económicas (Olalla *et al.*, 2009).

Olalla *et al.* (2009) mencionan que la tendencia de las palomas a asociarse con otras especies, en combinación con su comportamiento gregario, facilita la transmisión interespecífica, por lo que existe el riesgo potencial del declive o extinción de especies nativas y endémicas.

Cuando se oferta a las palomas de ala blanca *Zenaida asiática* y paloma huliota *Zenaida macroura* a la cacería; ambas especies requieren especial atención, porque, aunque generan uno de los mayores ingresos económicos, los agricultores las consideran especies plaga cuando incrementan sus poblaciones por el alimento disponible en los cultivos, lo que ocasiona su cacería indiscriminada y la disminución de las poblaciones (Höfle *et al.*, 2005) (Citado por Lòpez *et al.*, 2014).

La mayoría de los pobladores de la Comarca Lagunera ven a las palomas como una especie plaga en las áreas de coexistencia ya sea en casas habitación, corrales de manejo, caminos y edificaciones comunes para los pobladores de las comunidades. Por ello, el objetivo fue caracterizar el uso de los sitios de percha por las especies de palomas durante el día.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó del 01 de octubre de 2020 al 30 de septiembre de 2021; las actividades consistieron en realizar transectos en vehículo a 10 km/h de velocidad (horario de 7 a 11 h (Mañana), 12 a 15 h (Medio) y de 17 a 19 h (Tarde) registrando y fotografiando (Cámara Nikon P 900) a individuos de la familia columbidae encontrados; adicionalmente se registraron otras especies que se presentaron en los mismos sitios de percha y momento de captura fotográfica. Para la identificación de las especies de aves se utilizó la Guía de National Geographic de Dunn y Alderfer (2017); así como la plataforma de naturalista de CONABIO, 2021. Finalmente, se consultó el documento de la NOM-059-SEMARNAT-2010, (DOI, 2010) para conocer el estatus de conservación de alguna de las especies de aves adjunta en los sitios de percha.

Procesamiento de la información. Se elaboró una hoja de Excel versión 2020 para realizar el listado de especies de Columbiformes silvestres, tipificar los sitios de percha, hora de captura fotográfica, diseño de gráficos y tablas que permitieron la explicación, discusión y presentación de resultados.

## Resultados y Discusión

En el área aledaña a la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas se han estado desarrollando algunos estudios previos respecto al tema de sitios de percha usados por aves, uno de los cuales es el que realizaron Hernández *et al.* 2020, donde registraron 30 especies distintas en los 11 meses del estudio, destacando la orientación sur con 22 registros, seguido por la norte con 13 registros, la oeste con 11 registros y por último la este con 6, respectivamente. Así mismo, Hernández *et al.* 2019, reportaron que en un sitio de percha (Árbol de la especie *Prosopis glandulosa* de 8.5 m de altura) la altura del árbol, disposición y cantidad de las ramas fue fundamental para que lo prefirieran como punto estratégico dependiendo del tipo de especie que se trate, contabilizaron un total de 90 individuos registrados en 52 fotografías y que correspondieron a 14 especies distintas de aves; donde las especies de Columbiformes se presentaron en la cantidad de individuos siguientes: 29 *Zenaida asiática*, 2 *Streptopelia decaocto* y 1 *Zenaida macroura*. En la Figura 1, se muestran algunos resultados encontrados: 75 individuos de *Zenaida asiática*, 45 de *Streptopelia decaocto* y 31 de *Zenaida macroura*; respectivamente; lo cual reafirma lo reportado por Hernández *et al.* 2019.

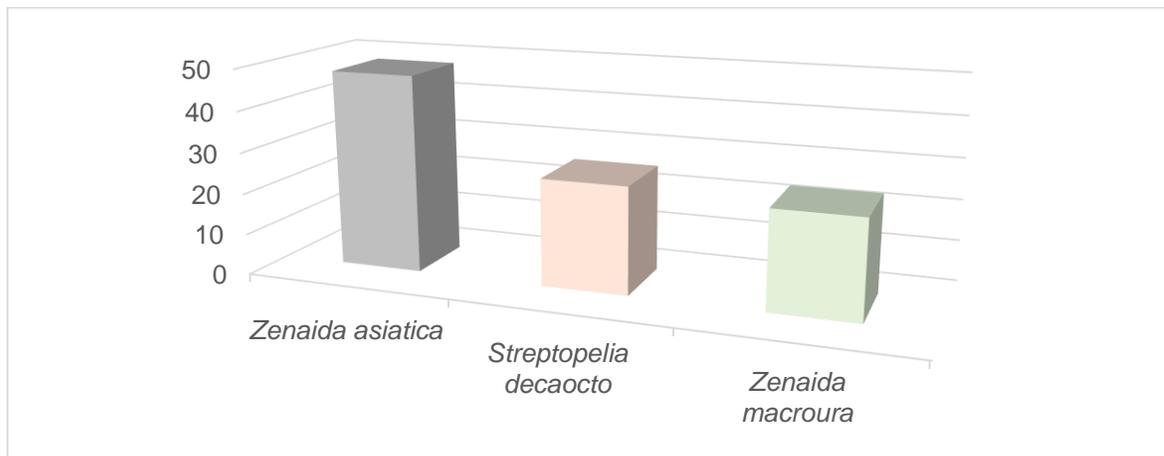


Figura 1. Tipos de sitios de percha con mayor cantidad de registros de palomas silvestres y horarios para las tres especies encontradas.

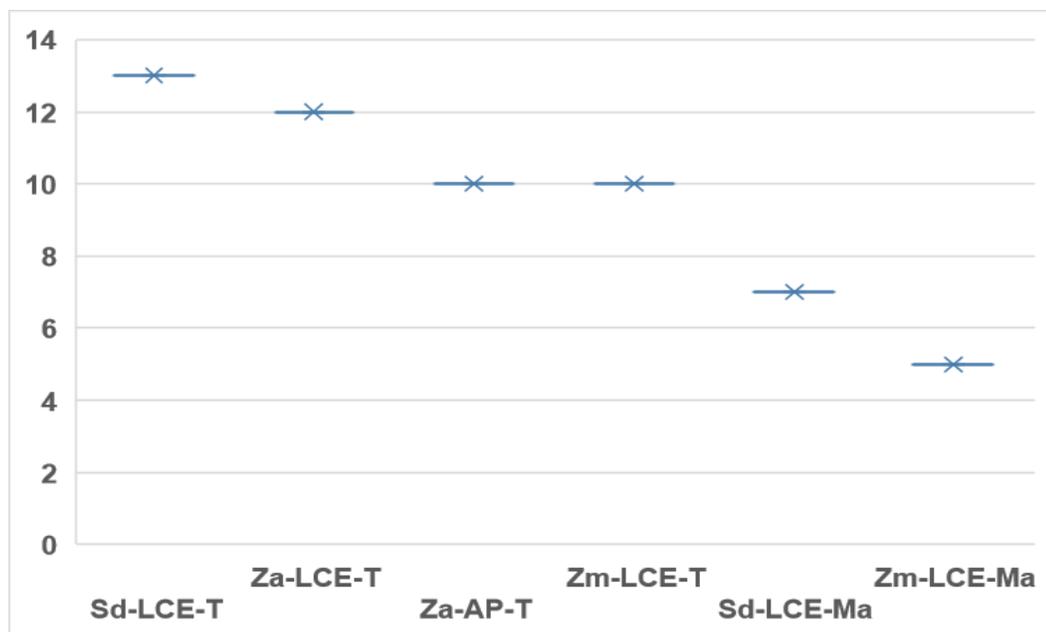


Figura 2. Cantidad de registros de sitios de percha, tipos de percha y horario de registro dominantes para tres especies de Columbiformes: *Zenaida asiatica*, *Streptopelia decaocto* y *Zenaida macroura*. (Nota: Sd-LCE-T= *Streptopelia decaocto*-Línea de Conducción Eléctrica-Tarde; Za-LCE-T= *Zenaida asiatica*- Línea de Conducción Eléctrica-Tarde; Za-AP-T= *Zenaida asiatica*-Árbol del género *Prosopis spp.*, Zm-LCE-T= *Zenaida macroura*-Línea de Conducción Eléctrica-Tarde., Sd-LCE-Ma= *Streptopelia decaocto*-Línea de Conducción Eléctrica-Mañana; Zm-LCE-Ma= *Zenaida macroura*-Línea de Conducción Eléctrica-Mañana.)

En la Figura 2 se detalla que el total de registros de sitios de percha fue de 98, resaltando la especie *Zenaida asiatica* con 48 registros representando el 49%; seguida de la especie *Streptopelia decaocto* con 26 registros equivalente al 26.5% y finalmente la especie *Zenaida macroura* con 24 registros determinando el 24.5% restante del total de sitios de percha. La cantidad total de registros distintos en cuanto a sitios de percha, tipo y horario, fue de 22 (Figura 2) se incluyen los 6 mayor número de ocasiones de registro.

La relevancia de los resultados radica en que la especie *Streptopelia decaocto* por ser una especie introducida al país también se categoriza como especie exótica, por lo tanto, al ocupar un segundo lugar en uso de sitios de percha rebasando a la especie nativa *Zenaida macroura*, entonces manifiesta un peligro latente de ocupación del hábitat en el área de estudio y por ende la posibilidad de desplazamiento de esta especie y de otras que convergen y comparten el área de actividad. Maya *et al.* 2018 reportan que los sitios de percha que utilizó la especie *Streptopelia decaocto* en la zona metropolitana de la Ciudad Morelia en el Estado de Michoacán; fueron en su mayoría estructuras inertes como lámparas, cables y espectaculares. En la categoría "otros" se incluyeron estructuras como antenas, construcciones y fuentes. Sin embargo, también se les observó perchadas en árboles, usando prioritariamente las ramas más altas de casuarinas (*Casuarina equisetifolia*), seguido de jacarandas (*Jacaranda mimosaeifolia*), pata de mula (*Bahuinia variegata*) e higueras (*Ficus spp.*).

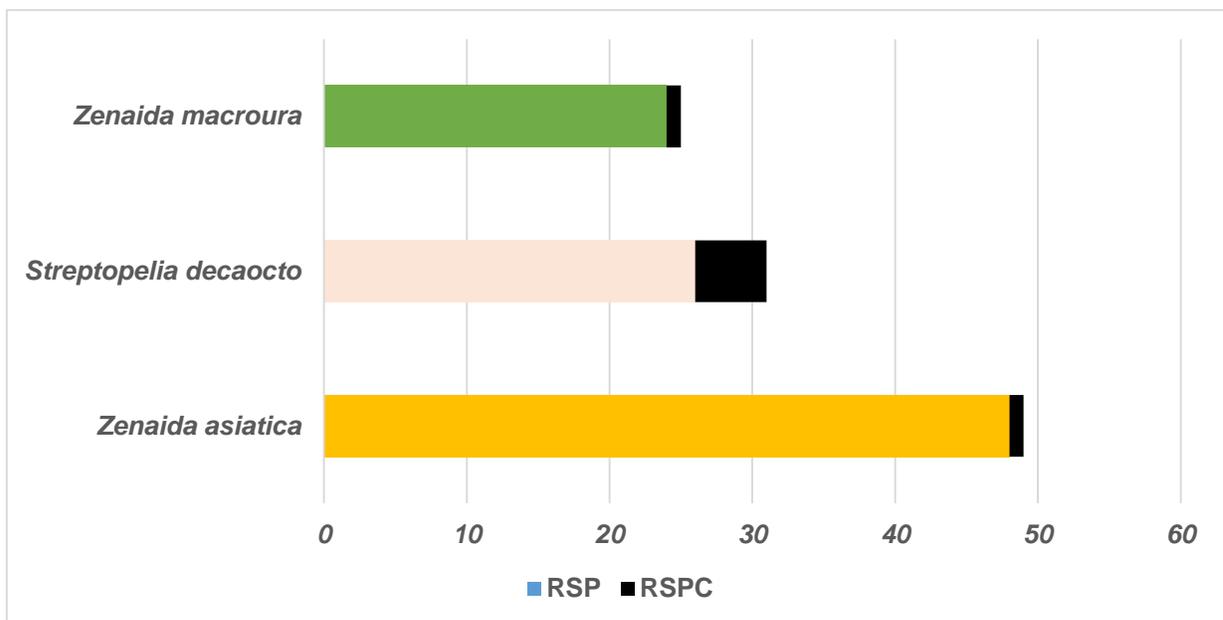


Figura 3. Proporción de registro de sitios de percha compartidos entre las tres especies de palomas y otras especies de aves silvestre en el Ejido la Victoria. (Nota: RSP= Registro de Sitio de Percha; RSPC= Registro de Sitio de Pecha Compartido.)

Normalmente se presentan registros de dos o más especies en percha en un mismo momento y sitio de registro fotográfico, tal es el caso en este estudio donde resaltan siete eventos donde se encontraron dos especies de aves silvestres en percha y diferente cantidad de individuos para ambas. En general se presentaron 7 registros de sitio de percha compartido con alguna de las especies de palomas en estudio de un total de 98 registros totales, correspondiendo al 7.15% del total encontrados., lo anterior se describe en la Figura 3, la cual denota que la especie Paloma de collar turca" *Streptopelia decaocto* compartió sitio de percha en 5 registros de los cuales tres fueron con la "Golondrina pueblera" *Petrochelidon fulva*, uno con "Cernícalo americano" *Falco sparverius* y uno con Carpintero de pechera *Colaptes auratus*; Particularmente una subespecie de esta especie está incluida como amenazada (A), en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOI, 2010).

Los otros dos registros fueron: “Paloma de ala blanca” compartiendo sitio de percha con la especie “Chivo” *Cardinalis sinuatus* y el último registro fue la “Paloma huilota” compartiendo sitio de percha con el *Falco sparverius*.

## Conclusiones

Las especies de palomas silvestres utilizan los sitios de percha encabezadas por la *Zenaida asiatica* con 49% seguida por la *Streptopelia decaocto* con 26.5.% y por último la *Zenaida macroura* con 24.5 %.

En general se presentaron 7 registros de sitio de percha compartido con alguna de las especies en estudio de un total de 98 registros totales, correspondiendo al 7.15% del total encontrados.

## Literatura Citada

- Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la biodiversidad (CONABIO). Aves. Recuperado el 19 de septiembre de 2021 de: [www.conabio.gob.mx/otros/nabci/doctos/aves.html](http://www.conabio.gob.mx/otros/nabci/doctos/aves.html)
- Diario Oficial de la Federación. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. México. Recuperado el 05 de septiembre de 2021 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.
- López De Buen L., Rendon Castro G., Cervantes Acosta P., y López Yáñez B. 2014. Abundancia y microbiología en palomas migratorias al centro de Veracruz. Revista Quehacer científico en Chiapas. 52-58 pp.
- Hernández I. G., Yáñez-Chávez., L. G. y Rodríguez-González., M. 2019. Importancia de un sitio de percha en áreas perturbadas o con presencia frecuente del humano en Mapimí, Durango. Memoria del IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas Gómez Palacio, Durango. 48-49 pp.
- Hernández I. G., Yáñez-Chávez., L. G., Rodríguez-González., M. y Jiménez-Chávez., A. S. 2020. Avifauna y preferencia de sitios de percha alrededor de la URUZA en Mapimí, Durango. Memoria del XVI Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas Gómez Palacio, Durango. 234-236 pp.
- Maya-Elizarrarás, E., Maya-Elizarrarás, L. M. (2018). Confirmación de presencia, registro de anidación, variación estacional de la densidad y uso de recursos para percha de la paloma turca (*Streptopelia decaocto*; Frivaldszky, 1838) en Morelia, Michoacán, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 34, 1–12. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412137>
- Olalla, A., G. Ruiz, I. Ruvalcaba y R. Mendoza. 2009. Palomas, especies invasoras. CONABIO. Biodiversitas 82:7-10.
- Reyes, H. F. 2000. Diversidad de aves residentes y migratorias presentes en tres tipos de vegetación en el sureste de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Subdirección de Posgrado. Linares. N.L., México.



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
SOBRE  
**RECURSOS BIÓTICOS  
DE ZONAS ÁRIDAS**

Instituto de Innovación en Biosistemas para  
el Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas.

# Carteles

Eje Temático 3: Cambio Climático e Impacto Ambiental



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

## DIFERENCIAL LEUCOCITARIO DEL GORRIÓN DE BAIRD (*Centronyx bairdii*; AUDUBUN, 1844)

Amara Sahad Jiménez-Chávez<sup>1\*</sup>, Martín Emilio Pereda-Solis<sup>3</sup>,  
Luis Antonio Tarango Arámbula<sup>2</sup>, Gonzalo Hernández Ibarra<sup>1</sup>,  
José Hugo Martínez Guerrero<sup>3</sup>, Genaro Olmos Oropeza<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas; Km 40 Ctra. Gómez Palacio, Dgo. - Cd. Juárez, Chih.; C.P. 35230. Bermejillo, Dgo., Méx. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, 78600 Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ctra. Durango - Mezquital, km 11.5. 34000. Durango, Durango. México. \*Autor de correspondencia: ajimenezc@chapingo.uruza.edu.mx

### Introducción

La composición sanguínea de las aves incluye tres tipos de células: 1) los glóbulos rojos o eritrocitos, 2) los trombocitos o plaquetas y 3) los glóbulos blancos o leucocitos, estos últimos son células del sistema inmune que reflejan tanto los componentes innatos como adquiridos (Gálvez *et al.*, 2009). El sistema inmune de las aves se conforma por cinco tipos de glóbulos blancos (linfocitos, heterófilos, eosinófilos, basófilos y monocitos); cada uno de ellos con una función y características específicas (Demina *et al.*, 2019). Los linfocitos elaboran anticuerpos, destruyen células tumorales y regulan la respuesta inmunitaria. Los heterófilos son anticuerpos que regulan las actividades antimicrobianas. La función de los eosinófilos es regular la respuesta a agentes infecciosos y de alergia. Los basófilos liberan mediadores para detectar patógenos y reparar heridas y los monocitos realizan la fagocitosis celular (Gálvez *et al.*, 2009). La extracción de sangre para los análisis hematológicos en aves pequeñas se realiza en la vena subclavia o braquial/ulnar (Campbell, 2007). Los estudios hematológicos del gorrión de Baird (ave pequeña de pastizal), especie que inverna en el Norte de México, son escasos. Por ello el objetivo de la presente contribución fue determinar el diferencial leucocitario en sangre periférica del gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*).

### Materiales y Métodos

El estudio se realizó durante la tercera semana de noviembre 2020, en Cuchillas de la Zarca, ubicada entre los estados de Chihuahua y Durango (25° 20' 00" y 27° 00' 00" de Latitud Norte y 105° 50' 00" y 104° 25' 00") con el permiso de colecta científica de SEMARNAT SGPA/DGVS/05450/20 y la captura se realizó mediante el método de arreo (Panjabi & Beyer, 2010). A cada individuo capturado se le tomó una muestra sanguínea de dos gotas (0.75 µL aproximadamente) de la vena braquial/ulnar con agujas hipodérmicas de 28G y tubos capilares heparinizados. Una vez colectadas las muestras de sangre, de cada una de ellas se obtuvieron dos frotis sobre portaobjetos previamente etiquetados. En el laboratorio cada frotis se fijó y tiñó con hemocolorante rápido (Tinción Diff-Quik) para ser analizado bajo microscopio óptico convencional. El análisis de los glóbulos blancos consistió en contar 100 leucocitos en forma de zig-zac sobre la zona de lectura de la cola del frotis clasificándolos como heterófilo, eosinófilo, monocito, basófilo o linfocito basado en su estructura.

## Resultados y Discusión

Se analizaron 20 muestras de sangre del gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*; Cuadro 1). El valor promedio de los monocitos, eosinófilos y basófilos se ubicaron fuera de su valor normal, lo que indica un desbalance en la composición de los leucocitos.

Cuadro 1. Diferencial porcentual leucocitario del gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*)

%	Heterófilos	Linfocitos	Monocitos	Eosinófilos	Basófilos
Promedio	32.9	45.8	16.5	2.3	2.4
DE	16.4	19.8	12.1	2.5	3.6
Valor normal	40-80	20-50	0-3	0-2	0-5

\*DE = Desviación estándar

## Conclusión

Los niveles del diferencial leucocitario varían entre especies e incluso entre aves de tamaños pequeños y grandes. El diferencial leucocitario puede ocasionarse por diversos factores. Por ejemplo en juveniles de entre 4 y 6 meses de edad sus niveles leucocitarios son altos debido a su actividad celular y en los adultos estos se modifican de acuerdo con el contenido de corticoesteroides ocasionados por infecciones bacterianas, fúngicos o estrés, desórdenes degenerativos o neoplásicos (Gálvez *et al.*, 2009).

El diferencial leucocitario en aves migratorias puede variar antes y después de su arribo a zonas invernales (Clark *et al.*, 2009), por el estrés ambiental y por el estrés ocasionado por eventos de depredación (Macías-Duarte *et al.*, 2009). Para el manejo y conservación de las especies que realizan movimientos invernales es fundamental monitorear sus condiciones de salud.

## Literatura Citada

- Campbell, T. W. (2007). Cap.9 Hematology. In *Avian and Exotic Animal Hematology and Cytology* (3rd editio).
- Clark, P., Boardman, W., & Raidal, S. (2009). *Atlas of Clinica Avian Hematology* (Wiley-BlackWell (ed.)).
- Demina, I., Tsvey, A., Babushkina, O., & Bojarinova, J. (2019). Time-keeping programme can explain seasonal dynamics of leukocyte profile in a migrant bird. *Journal of Avian Biology*, 50(7), 1–13. <https://doi.org/10.1111/jav.02117>
- Gálvez, C., Ramírez, G., & Osorio, J. (2009). El laboratorio clínico en hematología de aves exóticas. *Biosalud*, 8(1), 178–188. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-95502009000100020](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502009000100020)
- Macías-Duarte, A., Montoya, A. B., Méndez-González, C. E., Rodríguez-Salazar, J. R., Hunt, W. G., & Krannitz, P. G. (2009). Factors Influencing Habitat Use by Migratory Grassland Birds in the State of Chihuahua, Mexico. *The Auk*, 126(4), 896–905. <https://doi.org/10.1525/auk.2009.08251>
- Panjabi, A., & Beyer, L. (2010). Desert grassland bird conservation: is low winter survival driving population declines? Phase I. Report Phase I., Brighton, 10.

## PROPAGACIÓN DE TEJIDOS DE *Agave potatorum* Zucc. EN SISTEMA DE INMERSIÓN TEMPORAL RITA®

Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez<sup>1\*</sup>, Luis Alberto Gómez Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, Boulevard de La Biodiversidad No. 400, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. \*Autor de correspondencia: cruz.esmeralda@inifap.gob.mx

### Introducción

México es considerado centro de origen de diferentes especies de plantas vasculares (Sierra et al, 2014), siendo el género *Agave* uno de los más representativos, al estar presente con 136 especies de las 197 reportadas (Rosales et al. 2008). Como lo menciona García (2007), culturalmente hablando, en México los agaves tienen una gran importancia, ya que a lo largo de la historia han sido utilizados con diferentes fines desde épocas prehispánicas, ya sea como fuente alimentos y bebidas, combustibles, fibras textiles, o simplemente como ornato. El *Agave Tobalá* (*Agave potatorum* Zucc.), es una de las especies mayormente utilizadas para la producción del mezcal y fibras de uso industrial, por lo que sufre de una excesiva extracción de sus áreas naturales de forma indiscriminada (Aguirre y Eguiarte, 2013). Al ser una especie involucrada en procesos productivos, se tiene la necesidad de nuevas alternativas para su reproducción, sobre todo por formar parte de aquellas que son extraídas de sus poblaciones naturales. El uso de tecnologías tales como el cultivo de tejidos *in vitro*, misma que presenta diversas ventajas contra los sistemas de propagación convencionales, es una alternativa para la propagación masiva de especies de interés (Amaro, 2018). El objetivo de esta investigación fue obtener un protocolo para la propagación de tejidos *in vitro* de agave tobalá.

### Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en el laboratorio de cultivo *in vitro* y crioconservación de tejido vegetal del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP. Se utilizaron material establecidos en condiciones asépticas, libres de patógenos y de reguladores de crecimiento (Figura 1).

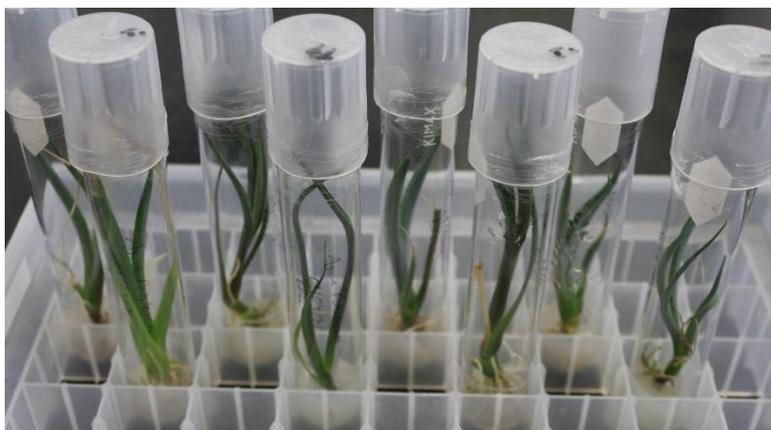


Figura 1. Plántulas de agave tobalá utilizadas en el experimento de propagación.

Para la evaluación, se utilizó un sistema de inmersión temporal marca RITA<sup>®</sup>, aplicando dos periodos de inmersión, uno cada 24 horas y otro cada 12, con un tiempo de duración de un minuto cada inmersión. Se evaluaron tres concentraciones de Kinetina (0.5 mg L<sup>-1</sup>, 1 mg L<sup>-1</sup> y 1.5 mg L<sup>-1</sup>), obteniendo 8 tratamientos en total (Cuadro 1), considerando dos testigos, sin reguladores de crecimiento.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Concentración de Kinetina	Periodo de Inmersión
1	0.5 mg L <sup>-1</sup>	1 minuto cada 24 horas
2	1 mg L <sup>-1</sup>	1 minuto cada 24 horas
3	1.5 mg L <sup>-1</sup>	1 minuto cada 24 horas
4	0.5 mg L <sup>-1</sup>	1 minuto cada 12 horas
5	1 mg L <sup>-1</sup>	1 minuto cada 12 horas
6	1.5 mg L <sup>-1</sup>	1 minuto cada 12 horas
7	--	1 minuto cada 12 horas
8(Testigo)	--	1 minuto cada 24 horas

Se establecieron 5 repeticiones en cada tratamiento y se evaluó el experimento durante 60 días, las variables evaluadas fueron número de nuevos brotes por explante y oxidación. Los resultados fueron analizados mediante una prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

## Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos, muestran que los tratamientos con inmersión cada 12 horas, tuvieron mejores resultados respecto a los tratamientos con inmersión cada 24 horas, ya que muestran una mayor cantidad de nuevos brotes generados por explante (Cuadro 2). No existe una diferencia significativa entre las concentraciones de Kinetina al realizar inmersiones cada 12 horas (Cuadro 2). Por otro lado, al realizar las inmersiones cada 24 horas, el promedio de brotes generados aumenta relativamente al incremento de la concentración de Kinetina, siendo la mayor concentración igual, significativamente hablando, a los tratamientos con 12 horas de inmersión (Cuadro 2). Tal como lo menciona Ordoñez (2019), los ciclos de inmersión pueden influir significativamente en las respuestas de los tejidos, siendo un factor importante al utilizar sistemas de inmersión temporal.

Cuadro 2. Efecto del tiempo de inmersión y concentración de kinetina en el número de brotes y oxidación del tejido de agave tobalá.

Tratamiento	No. Brotes	Oxidación
1	4.4000 b	1.0000 a

2	5.2000 ab	1.0000 a
3	5.6000 a	1.0000 a
4	5.6000 a	1.0000 a
5	6.0000 a	1.0000 a
6	6.0000 a	1.0000 a
7	2.4000 c	1.0000 a
8	2.2000 c	1.0000 a

Tratamientos con letras diferentes en la misma columna, son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ )  $n=5$ . Tratamiento 1:  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  con inmersión de 1 minuto cada 24 horas. Tratamiento 2:  $1 \text{ mg L}^{-1}$  de Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 24 horas. Tratamiento 3:  $1.5 \text{ mg L}^{-1}$  Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 24 horas. Tratamiento 4:  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 12 horas. Tratamiento 5:  $1 \text{ mg L}^{-1}$  Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 12 horas. Tratamiento 6:  $1.5 \text{ mg L}^{-1}$  Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 12 horas. Tratamiento 7: sin Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 12 horas. Tratamiento 8: sin Kinetina con inmersión de 1 minuto cada 24 horas. La oxidación se evaluó con dos valores: 1= ausencia, 2= presencia.

En cuanto a la oxidación, no se presentó en este sistema, ya que no se observó en ningún tratamiento (Figura 2).



Figura 2. Tejidos de *Agave potatorum* sin presencia de oxidación

Los bajos índices de oxidación son una de las ventajas que se tiene al utilizar Sistemas de inmersión temporal, ya que el intercambio gaseoso propicia la prevención de oxidación fenólica al liberar compuestos volátiles hacia el exterior del biorreactor (Camposano, 2019; Nolasco, 2020), mejorando así la calidad de las vitroplantas obtenidas.

## Conclusiones

La propagación de Agave tobalá en Sistemas de inmersión temporal es favorecida al emplear ciclos de inmersión de 1 minuto cada 12 horas, utilizando una concentración entre  $1 \text{ mg L}^{-1}$  y  $1.5 \text{ mg L}^{-1}$  de Kinetina. La oxidación en tejidos de Agave tobalá propagados en sistema de inmersión temporal, no es un factor que perjudique el proceso.

## Literatura Citada

- Aguirre-Dugua, X., & Eguiarte, L. E. (2013). Genetic diversity, conservation and sustainable use of wild *Agave cupreata* and *Agave potatorum* extracted for mezcal production in Mexico. *Journal of Arid Environments*, 90, 36-44.
- Amaro, M. R. (2018). Cultivo in vitro: alternativa al cultivo tradicional de plantas medicinales.
- Camposano Jaramillo, M. I., & Ibarra Ayala, C. O. (2019). Desarrollo de un prototipo de sistema de inmersión temporal utilizando *Nicotiana tabacum* como modelo experimental.
- García Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, (087).
- Nolasco Jáuregui, F. E. (2020). Propagación in vitro de *Agave angustifolia*, *A. karwinskii* y *A. parrasana* en sistemas de inmersión temporal (BITS).
- Ordoñez Castillo, F. M. (2019). Efectos antioxidantes de *moringa oleifera* lam in vitro plantas de banano clon williams en sistemas de inmersión temporal rita®.
- Rosales, M. S. D., Jiménez, M. D. L. L. G., Gómez, C. R., Valles, C. Q., de León, S. D. D., Ordaz, S. J. M., & Balch, E. P. M. (2008). El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. *Investigación y Ciencia*, 16(41), 53-62.
- Sierra, C. L. J., Ramírez, J. S., Cortés-Calva, P., Cámara, A. B. S., Dávalos, L. I. Í., & Ortega-Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y ciencia*, 22(60), 16-22.

## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN CULTIVOS DE NARANJA

Erika Nava-Reyna<sup>1\*</sup>, Leonardo Daniel López-García<sup>2</sup>, Alejandra Cabrera-Rodríguez<sup>3</sup>,  
Vicenta Constante-García<sup>1</sup>, Jesús Arcadio Muñoz-Villalobos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-RASPA, Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Durango. <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña Km. 0.820, El Vergel, 35120, Gómez Palacio, Durango <sup>3</sup>\*Autor de correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### Introducción

Aunque se ha estudiado la eficacia de diversos microorganismos como biofertilizantes en distintos cultivos y condiciones agroecológicas, su efecto en la microbiota del suelo ha sido poco explorado. Las bacterias fijadoras de nitrógeno y las micorrizas arbusculares incrementan el crecimiento y producción de varias plantas frutícolas y mejoran la actividad microbiológica en la rizósfera (Pathak et al., 2017). Investigaciones sugieren que algunos biofertilizantes pueden incrementar la salud del suelo por dos mecanismos: la supresión directa de patógenos y la modificación de la comunidad microbiana nativa (Xiong et al., 2017). Por lo tanto, el impacto de los biofertilizantes en los patrones de diversidad microbianos no está claro aún, lo que sugiere que su efecto pudiera estar condicionado por diversos factores en los sistemas experimentales y de manejo, como el tipo de microorganismo, la adición en conjunto con enmiendas orgánicas, el tipo de cultivo, las condiciones agroecológicas, entre otros por lo que deben establecerse estudios bajo las condiciones de cada región. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto sobre la microbiota del suelo de la aplicación de *Glomus intraradice* y *Azospirillum brasilense* (Micorrizafer® y Maxifer®, Biofabrica Siglo XXI, México) como biofertilizantes en predios para el cultivo de limón en Veracruz, México.

### Materiales y Métodos

El muestreo se realizó en huertas de limón en Martínez de la Torre, Veracruz, México. Se seleccionó una parcela donde se habían aplicado los biofertilizantes por 2 años (20°06'5.0" N, 97°01'55.3" O), así como una parcela cercana con similares características y manejo agronómico, pero sin biofertilizantes como testigo (20°06'07.5" N, 97°01'55.1" O). El biofertilizante se aplicó en 2 dosis anuales, una al inicio de la temporada de lluvia y la otra 3 semanas después, a una concentración de  $5 \times 10^{11}$  UFC de *A. brasilense* y  $9 \times 10^4$  esporas de *G. intraradices*. Se tomaron 4 muestras de suelo rizosférico de 3 árboles de cada tratamiento, para hacer una muestra compuesta de cada uno para colocar 0.25 g en tubos Zymo Research™ BashingBead™ con 740 µl de solución de lisis, y se procesó cada tubo en un disruptor celular TerraLyzer™ durante 30 s. El ADN de las bacterias del suelo se extrajo siguiendo las instrucciones del fabricante, se amplificó (ARNr V3-V4 16S) (Klindworth et al., 2013) y se secuenció utilizando Illumina (Illumina, 2017, 2019). Finalmente, las secuencias fueron analizadas en QIIME (Caporaso et al., 2010).

## Resultados y Discusión

El número total de secuencias obtenidas tuvo una media de 234,387 de ambos tratamientos antes del ensamblaje, una media de 82,332 secuencias ensambladas y 152,055 descartadas (Tabla 1). El promedio de las quimeras eliminadas fue 389 y la media de la calidad de las secuencias fue 81,927. Después de la asignación taxonómica, la media de las secuencias bacterias fue 74,484 y, una vez que los singletons fueron eliminados, la media fue de 33,285 (Tabla 1).

La profundidad de cobertura fue adecuada con respecto al número de OTU's bacterianos en las muestras, ya que las curvas alcanzaron la asíntota cerca de 22,500 secuencias. De acuerdo con el análisis de diversidad beta basado en la matriz de distancia de Bray-Curtis, no existió significancia entre las poblaciones bacterianas del suelo en ambos tratamientos (Permanova: pseudo-F: 1.563;  $p = 0.199$ ). Las medias de los índices de diversidad alfa fueron 6.35 y 6.22 para el tratamiento convencional y orgánico, respectivamente para Shannon ( $t = 1.040$ ;  $p = 0.492$ ) y 0.986 y 0.984 con Simpson, respectivamente ( $t = 0.964$ ;  $p = 0.515$ ), donde no se observó diferencia significativa entre ambos métodos de manejo.

Tabla 1. Número de secuencias obtenidas para cada tratamiento de muestras de suelo.

Muestra	Secuencias Totales	Secuencias ensambladas	Secuencias descartadas	QE	SC	SB	SBSS
Org1	160,890	134,418	510	133,908	118,910	73794	54,788
Org2	94,168	127,339	583	126,756	110,225	71740	45,983
Org3	157,693	89,115	496	88,619	80,502	54,038	35,408
Conv1	112,164	58,050	302	57,748	53,696	33,487	28,036
Conv2	177,837	65,576	280	65,296	59,217	42,861	22,718
Conv3	166,164	123,322	585	122,737	110,539	71,897	49,102
Media	144,819	99,637	459	99,177	88,848	57,970	39,339

Conv = Convencional, Org = Orgánico, QE = quimeras eliminadas, SC = secuencias de calidad después de la eliminación de quimeras, SB = secuencias bacterianas después de la asignación taxonómica, SBSS = secuencias bacterianas después de la eliminación de los singletons.

Se identificaron organismos pertenecientes a 22 filos, 60 clases, 111 órdenes, 243 familias y 715 géneros bacterianos para todas las muestras de suelo con fertilización con agroquímicos y con biofertilizantes.

Los géneros con mayor media de abundancia relativa fueron JADL\_g (8.91%), PAC000166\_g (4.30%), *Tepidisphaera* (3.25%), *Rhizomicrobium* (2.7%), HM748739\_g (2.6%), *Sphingomonas* (2.6%), *Pseudolabrys* (2.3%), *Bradyrhizobium* (2.1%), *Solibacter* (2.0%) y *Rhodoplanes* (2.0%) (Figura 1). La aplicación de biofertilizantes en huertas de limón favoreció la abundancia

relativa de los géneros JADL\_g (13.4%), PAC000166\_g (4.9%), HM748739\_g (2.8%), *Rhodoplanes* (2.6%) y PAC000030\_g (2.6%), mientras que en los suelos rizosféricos con fertilización química los géneros más abundantes fueron JADL\_g (4.4%), *Tepidisphaera* (3.7%), *Rhizomicrobium* (3.3%), *Solibacter* (2.7%) y *Pseudolabrys* (2.7%).

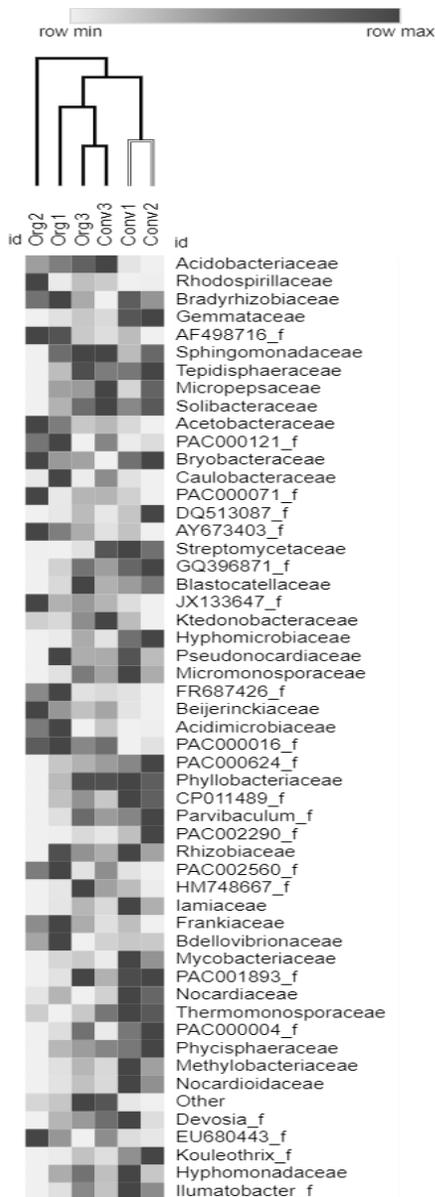


Figura 1. Mapa de calor de los géneros bacterianos de muestras de suelo cuya abundancia relativa fue mayor a 0.01%. Conv = Convencional, Org = Biofertilizantes. Con base en los resultados obtenidos, se presentan 53 géneros bacterianos.

El género JADL\_g, dominante en ambos tratamientos, ha sido reportado dentro de las comunidades bacterianas en la rizósfera de *Rhododendron mucronulatum* en Daegu, Corea, también como el más abundante (Choi et al., 2020). Aunque la función ecológica de este género no ha sido explorada, éste pertenece a la familia Rhodospirillaceae cuyos miembros son en su mayoría bacterias púrpuras no sulfurosas y algunos son fotoheterotróficos en condiciones anóxicas en la luz y quimioheterotróficos en la oscuridad mientras que otros son heterotróficos bajo condiciones aeróbicas y microaróbicas (Kawasaki et al., 1992). Su metabolismo es muy versátil, ya que se han reportado géneros de esta familia con capacidad para remover sulfuro del biometano a partir de desechos bovinos (da Silva et al., 2014), degradar microplásticos (Morohoshi et al., 2018) e hidrocarburos (Liu et al., 2018), mientras que muchos miembros de esta familia son conocidos por su capacidades de promover el crecimiento de las plantas (Baldani et al., 2014; Batool et al., 2017). Además, se ha reportado su mayor abundancia relativa en el microbioma bacteriano asociado a raíces de arroz (*Oryza sativa*) después de 55 días de crecimiento en suelos tratados con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Trifolii* E11 como biofertilizantes en comparación con suelos fertilizados con N químico (Jha et al., 2020). En cuanto a PAC000166\_g, también ha sido reportada dentro de la microbiota dominante en suelos rizosféricos de *Rhododendron mucronulatum* (Choi et al., 2020). Este género pertenece al orden Streptosporangiales. Algunos miembros de este orden son de gran interés biotecnológico al ser potenciales productores de diversos metabolitos secundarios con distintas actividades biológicas, incluido plantomicinas, sinefuginas, anguciclinona, spoxazomicina, iodinina, esporaridina y esporazepina (Chaouch et al., 2016), lo que le confiere la actividad antibacteriana y antifúngica.

Por su parte, los géneros HM748739\_g y PAC000030\_g han sido reportados en la rizósfera de Ginseng en suelos supresores de la enfermedad de sus raíces provocada por *Nectriaceae*

sp., por lo que podrían estar involucrados en la resistencia de las plantas a fitopatógenos y su biocontrol (Lee et al., 2020). Otro género en mayor abundancia relativa en los suelos biofertilizados fue *Rhodoplanes*. Este género juega un papel importante como promotor del crecimiento de las plantas, principalmente por su capacidad de fijación de nitrógeno (Harada et al., 2005) y conferir resistencia a las plantas a estrés ambiental (Fu et al., 2020).

Distintas investigaciones han reportado un incremento en su abundancia relativa cuando se aplicaron biofertilizantes con y enmiendas orgánicas (Cortes et al., 2021; Kim et al., 2021). Por otro lado, el manejo con fertilización convencional tuvo una mayor proliferación del género *Tepidisphaera*, el cual se ha reportado que produce ácido propiónico y ácido acético y prefiere condiciones termofílicas y pH neutro, además de ser sensible a alta salinidad (Kovaleva et al., 2015; Ma et al., 2020), aunque como microorganismo anaerobio facultativo tolerante a salinidad puede utilizar polisacáridos para crecer en ambientes salinos (Kovaleva et al., 2015). Este género también fue más abundante en huertos de nogal bajo manejo convencional que con agricultura orgánica (Cabrera-Rodríguez et al., 2020). *Rhizomicrobium*, cuyos miembros viven en las raíces o la rizósfera de las plantas, también proliferó en las muestras con uso de agroquímicos.

Al ser microorganismos relacionados con el ciclo del N como fijadores de nitrógeno (Kodama & Watanabe, 2011), se ha reportado el incremento en su abundancia cuando se añade N al suelo, especialmente cuando hay una gran cantidad de nitrógeno amoniacal (Nie et al., 2018). Por lo tanto, la mayor presencia de ambos géneros de bacterias copiotróficas fueron incrementados con la adición de altos niveles de N al suelo. Este tipo de microorganismos proliferan bajo condiciones de alta disponibilidad de nutrientes y son capaces de consumir carbono orgánico lábil (Cabrera-Rodríguez et al., 2020).

## Conclusiones

La aplicación de *A. brasiliensis* y *G. intraradices* como biofertilizantes en huertas de limón alteran la composición de las comunidades bacterianas rizosféricas, a pesar de no afectar significativamente las diversidades alfa y beta. La biofertilización parece favorecer la abundancia relativa de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, especialmente aquellas relacionadas con la resistencia a fitopatógenos y estrés abiótico. Por su parte, la fertilización química se relacionó más con la proliferación de géneros copiotróficos relacionados con el ciclo del N, lo que pudiera estar ligado a la alta concentración de N en el suelo.

## Literatura Citada

- Baldani, J. I., Videira, S. S., Santos Teixeira, K. R. dos, Reis, V. M., Oliveira, A. L. M. de, Schwab, S., Souza, E. M. de, Pedraza, R. O., Baldani, V. L. D., & Hartmann, A. (2014). The Family Rhodospirillaceae. The Prokaryotes: Alphaproteobacteria and Betaproteobacteria, 9783642301971, 533–618.
- Batool, K., Tuz Zahra, F., & Rehman, Y. (2017). Arsenic-Redox Transformation and Plant Growth Promotion by Purple Nonsulfur Bacteria *Rhodopseudomonas palustris* CS2 and *Rhodopseudomonas faecalis* SS5. Biomed Res. Int., vol. 2017, Article ID 6250327.

- Cabrera-Rodríguez, A., Nava-Reyna, E., Trejo-Calzada, R., Peña, C. G. D. la, Arreola-ávila, J. G., Collavino, M. M., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., & Constante-García, V. (2020). Effect of organic and conventional systems used to grow pecan trees on diversity of soil microbiota. *Diversity*, 12(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/d12110436>
- Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., Fierer, N., Peña, A. G., Goodrich, J. K., Gordon, J. I., Huttley, G. A., Kelley, S. T., Knights, D., Koenig, J. E., Ley, R. E., Lozupone, C. A., McDonald, D., Muegge, B. D., Pirrung, M., ... Knight, R. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods*, 7(5), 335–336. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>
- Chaouch, F. C., Bouras, N., Mokrane, S., Zitouni, A., Schumann, P., Spröer, C., Sabaou, N., & Klenk, H. P. (2016). *Streptosporangium becharensis* sp. Nov., an actinobacterium isolated from desert soil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 66(7), 2484–2490.
- Choi, D.-H., Jeong, M.-J., Kwon, H.-J., Kim, M.-G., Kim, D.-H., Kim, Y.-G., & Kim, J.-G. (2020). Metagenomic Analysis of Bacterial Communities in *Rhododendron mucronulatum* in Biseul Mountain County Park, Daegu, Korea. *생명과학회지*, 30(1), 32–39.
- Cortes, A. D., Aggangan, N. S., & Oplencia, R. B. (2021). Taxonomic microbiome profiling and abundance patterns in the cacao (*Theobroma cacao* L.) rhizosphere treated with arbuscular mycorrhizal fungi and bamboo biochar. *Philipp. Agric. Sci.* 104(1), 19–33.
- da Silva, M. L. B., Mezzari, M. P., Ibelli, A. M. G., & Gregory, K. B. (2014). Sulfide removal from livestock biogas by *Azospirillum*-like anaerobic phototrophic bacteria consortium. *Int. Biodeter. Biodegradation*, 86, 248–251. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.09.013>
- Fu, J., Luo, Y., Sun, P., Gao, J., Zhao, D., Yang, P., & Hu, T. (2020). Effects of shade stress on turfgrasses morphophysiology and rhizosphere soil bacterial communities. *BMC Plant Biol.*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2300-2>
- Harada, N., Nishiyama, M., Otsuka, S., & Matsumoto, S. (2005). Effects of Inoculation of Phototrophic Purple Bacteria on Grain Yield of Rice and Nitrogenase Activity of Paddy Soil in a Pot Experiment. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 51(3), 361–367.
- Illumina. (2017). 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation.
- Illumina. (2019). Nextera XT DNA Library Prep Kit Reference Guide (15031942). [www.illumina.com/company/legal.html](http://www.illumina.com/company/legal.html).
- Jha, P. N., Gomaa, A. B., Yanni, Y. G., El-Saadany, A. E. Y., Stedtfeld, T. M., Stedtfeld, R. D., Gantner, S., Chai, B., Cole, J., Hashsham, S. A., & Dazzo, F. B. (2020). Alterations in the Endophyte-Enriched Root-Associated Microbiome of Rice Receiving Growth-Promoting Treatments of Urea Fertilizer and Rhizobium Biofertilizer. *Microb. Ecol.*, 79(2), 367–382.
- Kawasaki, H., Hoshino, Y., Kuraishi, H., & Yamasato, K. (1992). *Rhodocista centenaria* gen. nov., sp. nov., a cyst-forming anoxygenic photosynthetic bacterium and its phylogenetic position in the Proteobacteria alpha group. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 38(6), 541–551.
- Kim, S., Samaddar, S., Chatterjee, P., Choudhury, A. R., Choi, J., Choi, J., & Sa, T. (2021). Structural and functional shift in soil bacterial community in response to long-term compost amendment in paddy field. *Appl. Sci. (Switzerland)*, 11(5), 1–10.
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., & Glöckner, F. O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res.*, 41(1), e1.
- Kodama, Y., & Watanabe, K. (2011). *Rhizomicrobium electricum* sp. nov., a facultatively anaerobic, fermentative, prosthecate bacterium isolated from a cellulose-fed microbial fuel cell. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 61(8), 1781–1785.
- Kovaleva, O. L., Merkel, A. Y., Novikov, A. A., Baslerov, R. V., Toshchakov, S. V., & Bonch-Osmolovskaya, E. A. (2015). *Tepidisphaera mucosa* gen. nov., sp. nov., a moderately thermophilic member of the class Phycisphaerae in the phylum Planctomycetes, and proposal of a new family,

- Tepidisphaeraceae fam. nov., and a new order, Tepidisphaerales ord. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 65(Pt\_2), 549–555.
- Lee, S. W., Lee, S. H., Seo, M. W., Jang, I. B., Kwon, R. Y., & Heo, H. J. (2020). Soil chemical properties, microbial community and ginseng root rot in suppressive and conducive soil related injury to continuously cropped ginseng. *Korean J. Crop Sci.*, 28(2), 142–151.
- Liu, Y., Ding, A., Sun, Y., Xia, X., & Zhang, D. (2018). Impacts of n-alkane concentration on soil bacterial community structure and alkane monooxygenase genes abundance during bioremediation processes. *Front. Environ. Sci. Eng.*, 12(5), 1–13.
- Ma, X. chen, Li, X. kun, Wang, X. wei, Liu, G. ge, Zuo, J. long, Wang, S. tao, & Wang, K. (2020). Impact of salinity on anaerobic microbial community structure in high organic loading purified terephthalic acid wastewater treatment system. *K. Hazard Mater.*, 383, 121132.
- Morohoshi, T., Ogata, K., Okura, T., & Sato, S. (2018). Molecular characterization of the bacterial community in biofilms for degradation of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) films in seawater. *Microbes Environ.*, 33(1), 19–25.
- Nie, Y., Wang, M., Zhang, W., Ni, Z., Hashidoko, Y., & Shen, W. (2018). Ammonium nitrogen content is a dominant predictor of bacterial community composition in an acidic forest soil with exogenous nitrogen enrichment. *Sci. Total Environ.*, 624, 407–415.
- Pathak, D. V., Kumar, M., & Rani, K. (2017). Biofertilizer Application in Horticultural Crops. 215–227. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4_11)
- Xiong, W., Guo, S., Jousset, A., Zhao, Q., Wu, H., Li, R., Kowalchuk, G. A., & Shen, Q. (2017). Bio-fertilizer application induces soil suppressiveness against *Fusarium* wilt disease by reshaping the soil microbiome. *Soil Biol. Biochem.*, 114, 238–247.

## SÍNTOMAS ASOCIADOS A LA INFECCIÓN POR FITOPLASMAS Y CURTOVIRUS EN ACELGA EN AGUASCALIENTES

Rodolfo Velásquez-Valle<sup>1\*</sup>, Luis Roberto Reveles-Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón-INIFAP, Km. 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas, CP 20670;

<sup>2</sup>Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, CP 98500. \*Autor de correspondencia: velasquez.rodolfo@inifap.gob.mx

### Introducción

La producción de hortalizas como acelga, rábano, betabel y cebolla en el municipio de Jesús María, Aguascalientes abastece el mercado local y provee fuentes de trabajo a lo largo del año. Es común encontrar plantas de esas hortalizas afectadas por plagas como los trips y enfermedades como la cenicilla polvorienta, sin embargo, en algunas parcelas se encontraron plantas de acelga (*Beta vulgaris var cicla*) que exhibían un grupo de síntomas que incluían deformación y amarillamiento del follaje que en otros cultivos regionales como chile y frijol denotan la infección por *Curtovirus* y fitoplasmas (Velásquez-Valle *et al.*, 2008; Velásquez-Valle *et al.*, 2012). La incidencia de la enfermedad en la parcela de acelga alcanzaba más del 80% de las plantas y cuya severidad era de pérdida completa para la mayoría de las plantas. El objetivo del trabajo consistió en determinar la presencia de *Curtovirus* y fitoplasmas en plantas de acelga cultivadas en Aguascalientes.

### Materiales y Métodos

En diciembre de 2020 se colectaron plantas de acelga que mostraban síntomas como deformaciones y cambio de color del follaje; las plantas se enviaron al laboratorio de Biología Molecular del Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) para la identificación de *Curtovirus* y fitoplasmas empleando medios moleculares. Durante la colecta de plantas de acelga se capturaron insectos mediante una red entomológica de golpeo dentro y alrededor de la parcela de acelga.

Extracción de DNA. Para la preparación de los extractos a partir de las plantas de acelga colectadas se maceró un gramo de tejido vegetal con nitrógeno líquido, en un mortero frío de porcelana; posteriormente, el tejido pulverizado se colocó en un tubo eppendorf de 1.5 ml, previamente etiquetado, al cual se le adicionaron 800 µl de buffer de extracción (200 mM, Tris-base, pH. 8.5; 250 mM NaCl; 25mM EDTA; 0.5%SDS) y 40 µl de SDS 20%, la muestra se agitó hasta homogenizar. En seguida, los tubos se incubaron a 65°, durante 10 minutos, realizando agitaciones cada 2 minutos. Después de la incubación, se añadió 200 µl de acetato de potasio 5 M y la muestra se mezcló hasta homogenizar.

Los tubos se centrifugaron a 14,000 rpm, por 20 minutos. Después, el sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo, y se agregó la cantidad equivalente de PCI (250 µl de fenol, 250 µl de la mezcla de Cloroformo-Isoamilalcohol), la muestra se revuelve hasta homogenizar, y enseguida, se centrifugó a 14,000 rpm, por 10 minutos. Posteriormente, se transfirió el sobrenadante a un nuevo tubo y se adicionó, por las paredes del tubo, 500 µl de isopropanol frío, seguido de agitaciones suaves, hasta ver el precipitado blanco, en forma de un conglomerado (DNA). Para una precipitación óptima, se colocaron los tubos a -20 °C durante 10 minutos. Después de esto, se centrifugó a 14,000 rpm por cinco minutos. La pastilla obtenida se lavó, dos veces, con 600 µl de etanol frío al 70%. El sobrenadante se descartó, y los tubos se invirtieron para secar la pastilla de DNA. Posteriormente, la pastilla se disolvió en 40 µl de buffer TE (tris- EDTA 0.01 Mm pH 8.0). Finalmente, a las muestras con el DNA disuelto, se les adicionó 0.2 µl de enzima RNAsa, continuando con una incubación a 37°C por 30 minutos.

La presencia de fitoplasmas se detectó por PCR anidada utilizando los iniciadores específicos P1/ Tint 5' y los iniciadores para la anidada R16F2n /R16R2 5'. Las condiciones de la amplificación fueron 35 ciclos de desnaturalización a 94°C durante 1 min (95°C, 3 min para el primer ciclo), hibridación a 56°C durante 1 min y extensión a 72°C durante 2 min (5 min para el ciclo final). El diagnóstico de Curtovirus fue realizado mediante PCR usando los primers universales CP4f / CP6r. El programa de la PCR fue de 35 ciclos consistentes de 94°C por 30 segundos, 59°C por 60 segundos y 72°C por 90 segundos y una extensión final de 72°C por 5 minutos.

## Resultados y Discusión

Las plantas de acelga con síntomas de infección por *Curtovirus* mostraban enanismo marcado, diferentes grados de clorosis, deformación de la vena media de hojas y deformación extrema de la lámina foliar. En un corte transversal de la raíz de plantas de acelga se observaron círculos concéntricos necróticos y una excesiva proliferación de raíces secundarias, ambos síntomas son característicos de la infección por *Curtovirus* (Harveson, 2015) (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Planta de acelga mostrando deformación foliar asociada con la infección por *Curtovirus*



Figura 2. Corte transversal de una raíz de acelga mostrando círculos concéntricos necróticos asociados con la infección por *Curtovirus*.

Además de los síntomas de amarillamiento, enanismo y deformación foliar, algunas plantas también presentaban tableado y curvado del tallo floral además de crecimiento de hojas en la inflorescencia (Figura 3).



Figura 3. Tallos florales de acelga con deformaciones asociadas con la infección por fitoplasma.

En las muestras de follaje analizadas se detectó la presencia de miembros del género *Curtovirus* y de "*Candidatus*" Phytoplasma. La presencia de fitoplasmas del grupo 16SrIII-J en plantas de *B. vulgaris* que presentaban síntomas como marchitez y amarillamiento fue previamente reportada en Argentina (Fernández *et al.*, 2020). El BCTV, por su parte, es un problema en las regiones áridas del oeste norteamericano donde casi eliminó la industria azucarera basada en la remolacha azucarera (Strausbaugh *et al.*, 2006), que es un pariente cercano de la acelga.

Se capturaron adultos de ambos sexos de la chicharrita del betabel, *Circulifer tenellus* Baker, vector del BCTV, que ha sido previamente reportada en Aguascalientes y Zacatecas como vector del *Beet mild curly top virus* (BMCTV) y de *Candidatus* Phytoplasma trifolii en plantas de chile (Velásquez-Valle *et al.*, 2008; Mauricio-Castillo *et al.*, 2015). Con la detección del BCTV y de fitoplasmas en plantas de acelga se amplía el rango de hospederas cultivadas para ambos patógenos en la región norte centro del país.

## Conclusiones

En plantas de acelga colectadas en el municipio de Jesús María, Aguascalientes que expresaban síntomas como enanismo, amarillamiento y deformación foliar se detectaron miembros del género *Curtovirus* y de "*Candidatus*" Phytoplasma

## Literatura Citada

- Fernández, F. D., F.A. Guzmán, P. Baffoni, L. Reinoso, M. Kiehr, R. Delhey, V.M. Favere, E. Galdeano, and L.R. Conci. 2020. Phytoplasmas of subgroup 16SrIII-J associated with *Beta vulgaris* in Argentina. *Tropical Plant Pathology* 45:143-147.
- Harveson, R. M. 2015. Beet curly top: America's first serious disease of sugar beets. *The American Phytopathological Society Features*. doi:10.1094/APSFeature-2015-02.
- Mauricio-Castillo, J.A., S. Salas-Muñoz, R. Velásquez-Valle, S. Ambriz-Granados y L.R. Reveles-Torres. 2015. '*Candidatus* Phytoplasma trifolii (16SrVI) en chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) cultivado en Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38:389-396.
- Strausbaugh, C.A., A.M. Gillen, J.J. Gallian, S. Camp, and J.R. Stander. 2006. Influence of host resistance and insecticide seed treatment on curly top in sugar beets. *Plant Disease* 90:1539-1544.
- Velásquez-Valle, R., M.M. Medina-Aguilar, and R. Creamer. 2008. First report of *Beet mild curly top virus* infection of chile pepper in North-Central Mexico. *Plant Disease* 92:650.
- Velásquez-Valle, R., J. Mena-Covarrubias, L.R. Reveles-Torres, G.R. Argüello-Astorga, M.A. Salas-Luévano, and J.A. Mauricio-Castillo. 2012. First report of *Beet mild curly top virus* in dry bean in Zacatecas, Mexico. *Plant Disease* 96:771.

## **ENVEJECIMIENTO ACELERADO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE SEMILLAS DE *Echinocereus stramineus***

Víctor O. Villanueva-Blanco<sup>1</sup>, Víctor M. Villanueva-Coronado<sup>1</sup>, Mario E. Vázquez-Badillo<sup>1</sup>, Olga L. Rumayor-Rodríguez<sup>2</sup>, Eglantina Canales-Gutiérrez<sup>2</sup>, Adriana Antonio-Bautista<sup>3\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista Saltillo Coahuila C.P 25315. <sup>2</sup>Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado De Coahuila, Saltillo Coahuila. CP2500. <sup>3</sup>CINVESTAV-UNIDAD Saltillo, Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Ramos Arizpe, Coahuila C.P 25900. \*Autor de correspondencia: adis\_anba@hotmail.com

### **Introducción**

En México existen 1,032 especies conocidas de cactáceas (Sarukhan y Soberón, 2016), son especies amenazadas por factores antropogénicos, por cambios de uso de suelo y por la extracción ilegal de ejemplares (Portilla y Martorell, 2011). La deforestación, el pastoreo excesivo, las autorizaciones en materia de impacto ambiental o por cambios de uso de suelo, originan los procesos de degradación de la vegetación e impactan fuertemente a las poblaciones naturales de cactáceas (Osman, 2012).

La remoción de la vegetación en superficies forestales para ser usados para la construcción de unidades habitacionales o industriales sitúan en un riesgo a los ejemplares de cactáceas y a su hábitat natural y por lo tanto su permanencia en el ecosistema de zonas áridas (Martorell *et al.*, 2015).

Una de las formas más efectivas de conservar la diversidad de plantas es mediante el almacenamiento de germoplasma en los bancos de semillas (Rodríguez *et al.*, 2017). Para almacenar adecuadamente las semillas de una especie se requiere conocer su comportamiento de almacenamiento (ortodoxa, recalcitrante o intermedia), así como su longevidad potencial, la cual una vez establecida permite determinar las condiciones de almacenamiento (Pritchard *et al.*, 2003).

### **Materiales y Métodos**

El material biológico fue colectado en 15 plantas de una población natural, distribuidas en el área de la Reserva Natural Estatal "La Muralla" del municipio de Castaños, Coahuila, México (26°20'15.86"N - 101°23'3.22"O), se seleccionaron al azar. Posteriormente fueron llevados al laboratorio de producción y almacenamiento de semillas de la UAAAN, para la extracción de semillas se llevó a cabo un macerando del fruto y se eliminó el musilago con agua destilada, posteriormente se colocaron en una estufa de secado a 30°C por 12 horas para la eliminación del excedente de humedad de las semillas.

El envejecimiento acelerado fue inducido a lotes de 400 semillas, se envolvieron en una malla de tela y fueron suspendidos con listones a un centímetro de separación del nivel de agua destilada, se utilizaron vasos de precipitado de 200 ml y se le agregaron 100 ml de agua destilada después fueron sellados con plástico y cinta adhesiva generando un humedad relativa de 85 a 100%, se aplicaron tres tratamientos para el deterioro de semillas: tiempo cero y temperatura ambiente de 26 °C como testigo; tiempo de 24 h, 48 h y 72 h a una temperatura constante 45 °C.

Posteriormente fueron llevadas a un análisis de germinación se tomaron al azar 400 semillas para realizar la prueba de germinación en cuatro repeticiones de 100 semillas por cada color, se pusieron en cajas Petri con papel filtro húmedo y posteriormente fueron llevadas a una cámara de germinación calibrada con 12 horas de obscuridad y 12 horas de luz, se tomaron datos a los 14 días posteriores a la siembra, las variables a evaluar fueron número de semillas germinadas (SG), Semillas Duras (SD) y Semillas Muertas (SM), éstas variables fueron tomadas de acuerdo a ISTA (2008). El experimento se llevó mediante un diseño completamente al azar. El análisis se realizó bajo el lenguaje y ambiente de computo estadístico R (R Core Team, 2020).

## Resultados y Discusión

Para las variables estudiadas SG, PA, SD y SM el análisis de varianza mostró que fueron altamente significativas en los cuatro tiempos de envejecimiento acelerado ( $\leq 0.01$ ). La comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ), figura 1 muestra que cuando las semillas fueron sometidas a 24 y 48 h de envejecimiento no hay diferencias para las variables evaluadas ya que forman un mismo grupo estadístico y el porcentaje de germinación osciló entre 93.75 y 81.25%, a las 72 h de envejecimiento se muestra una disminución en el porcentaje de germinación de 62.50%, también presenta un aumento en el porcentaje de producción de plántulas anormales con un 16.003 %, las semillas muertas a 72 h de envejecimiento fue el más alto con 21.50 %, el porcentaje de semillas Duras (SD) fue muy bajo lo cual indica que ésta especie no presenta latencia.

La semilla de *Echinocereus stramineus* por el tipo de comportamiento durante el envejecimiento acelerado se puede considerar de tipo ortodoxa ya que cuando es almacenada a condiciones de alta humedad relativa y alta temperatura la calidad fisiológica de semilla comienza a disminuir a partir de las 72 h de almacenamiento. (Pritchard *et al.*, 2003) menciona que además de la temperatura y la humedad, hay otros factores que pueden influir en la longevidad potencial, tales como las diferencias genotípicas y el efecto del tratamiento previo en la calidad inicial de las semillas ortodoxas al ser almacenadas.

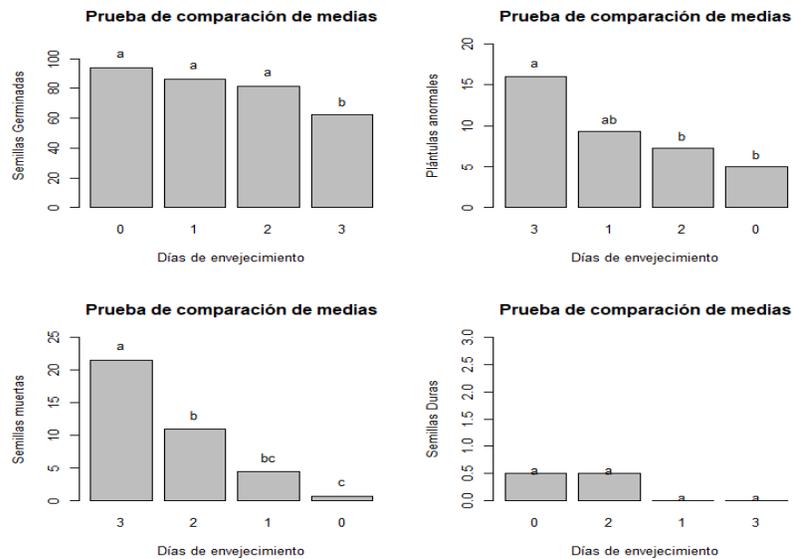


Figura 1. Comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ) para las variables evaluadas en semillas de *Echinocereus stramineus*, sometidas a tres tiempos de envejecimiento acelerado (Las medias con la misma letra indican que no son significativamente diferentes).

## Conclusiones

El comportamiento de las semillas de *Echinocereus stramineus* durante la prueba de envejecimiento acelerado indica que al ser almacenadas en condiciones de alta humedad relativa y de temperatura se ve afectada la calidad fisiológica de las semillas al producir menor porcentaje de germinación y mayor de plántulas anormales y de semillas muertas. Las semillas de *Echinocereus stramineus* no presentan ningún tipo de latencia.

## Literatura Citada

- Arellano, J. R. E., Estrada-Castillón, A. E., Salinas-Rodríguez, M. M., Salas, J. S., Puente, E. O. R., & Hernández, C. M. (2018). Cactus diversity in the Sierra del Rosario, Durango, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(13), 133–141.
- Gómez M., O., E.E. Villavicencio G., M.A. Serrato C., J.M. Mejía M., G. Treviño C., L. Martínez G., M. Rodríguez O., L. Granada C., M. Flores C., J. Reyes S., M. Islas L., E. Salome C., R. A. Menchaca G., C. M. Espadas M., L. Hernández S., L. M. Vázquez C. G., F. Martínez M., O. Vargas P. y E. Ríos S. 2016. Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo. Ciudad de México, México. 152 p.
- Martorell, C., Montañana, D. M., Ureta, C., & Mandujano, M. C. (2015). Assessing the importance of multiple threats to an endangered globose cactus in México: Cattle grazing, looting and climate change. *Biological Conservation*. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.035>
- Portilla-Alonso, R. M., & Martorell, C. (2011). Demographic consequences of chronic anthropogenic disturbance on three populations of the endangered globose cactus *Coryphantha werdermannii*. *Journal of Arid Environments*. <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.01.015>
- Pritchard, H. W., J. B. Dickie. 2003. Predicting seed longevity: the use and abuse of seed viability equations. In: R.D Smith, J.D Dickie, S.H. Linington, H.W Pritchard and. R.J Probert (eds) *Seed conservation: turning science into practise*. Royal Botanic Gardens, Kew, UK. 1023 p.
- Sarukhan, J., & Soberón Mainero, J. (2016). Capital natural de México. Capital natural de México. <http://doi.org/10.5962/bhl.title.118843>

## ANÁLISIS DE LAS GUÍAS DE ELABORACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXICO

Luis Ángel González-Espíndola<sup>1</sup>, Martha Reyes-Ramos<sup>2\*</sup>, Maria del Rosario Jacobo-Salcedo<sup>1</sup>, Perla Patricia Ochoa-García<sup>1</sup>, Elena del Carmen Villarreal-Ornelas<sup>1</sup> Rubén Palacio-Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de doctorado, Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Km. 40 Carretera Gómez Palacio - Chihuahua Bermejillo, Durango, México C.P. 35230. <sup>2</sup>Consultora y capacitadora, Grupo Colinas de Buen S. A. de C. V, Plaza Villa de Madrid No. 2, Colonia Roma Norte, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México C. P. 06700. \*Autor de correspondencia: marthareyesramos@gmail.com

### Introducción

En México, los profesionales en las áreas de biología y ecología fueron los primeros en dilucidar las problemáticas ambientales y quienes promovieron el desarrollo de programas con tendencia a la búsqueda de soluciones (González-Gaudiano & Arias-Ortega, 2017). La propuesta de nuevas alternativas para el futuro dio origen a la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA). De acuerdo a Jiménez (2001), la EIA es una herramienta administrativa y técnica a nivel federal y estatal. La finalidad es evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente (LGEEPA, 2020). Las políticas ambientales tomaron auge a nivel mundial durante los años 80's y 90's (Micheli, 2002).

La regulación de la EIA se estableció con la implementación de la Ley Federal de Protección al Ambiente mediante los estudios de Riesgo Ambiental como parte de los proyectos industriales. La aplicación de la EIA en un ámbito más extenso se da con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988 con modificaciones en 1996 y 2001 que amplían el marco regulatorio a un número mayor de actividades altamente riesgosas. La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) es un documento por el cual se da a conocer, el impacto ambiental, significativo y potencial que podría generar una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo (LGEEPA, Artículo 3).

La MIA se clasifica en dos modalidades: regional y particular. Las cuales se encuentran descritas y fundamentadas en el Reglamento de Impacto Ambiental de la LGEEPA, Artículos 28 al 35 Bis 3. La otra modalidad para la EIA es el Informe Preventivo (IP) que tiene fundamento en el Artículo 30 del reglamento de la LGEEPA. Los objetivos de la MIA regional, MIA particular e IP son precisos y particulares. Sin embargo, los lineamientos para la elaboración de estos documentos presentan ciertas disparidades entre los 32 estados (Edo) de la República Mexicana. El objetivo de este trabajo radicó en identificar el grado de semejanza existente entre los lineamientos estatales con los federales en las guías para la elaboración de las MIA o IP.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó mediante la búsqueda de información haciendo uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC's). La comparación se realizó entre las guías de elaboración de una MIA o IP a nivel federal y la guía de elaboración de una MIA o IP a nivel Estatal. El análisis de estos se dividió en tres tipos de documentos MIA regional, MIA particular e IP. El parámetro considerado similar se le asignó el valor de 1, mientras que para la ausencia el valor asignado fue 0. El puntaje obtenido para la MIA federal regional fue de 64 puntos, en el caso de la MIA particular generó un total de 65 puntos, siendo la referencia para la evaluación. La valoración total para el IP fue de 32 puntos. Posteriormente, el análisis incluyó el cálculo del porcentaje de similitud entre los requisitos expresados.

## Resultados y Discusión

El número de instrumentos de evaluación ambiental (EA) agrupados por estado se pueden observar en la Figura 1. Dichos resultados muestran que los estados que lideran el gráfico son JAL, AGU y MIC. Estos tienen entre 11 y 27 guías para la elaboración de los diferentes instrumentos de EA. Esto indicó que diferentes actividades económico-industriales son reguladas mediante evaluaciones ambientales. Por otro lado, el 44 % de ellos se basa en dos instrumentos de evaluación una MIA y un IP. Lo cual hace notar que los lineamientos ambientales consideran solo dos instrumentos de evaluación para todas aquellas actividades que requieran de una EIA independientemente de su naturaleza.

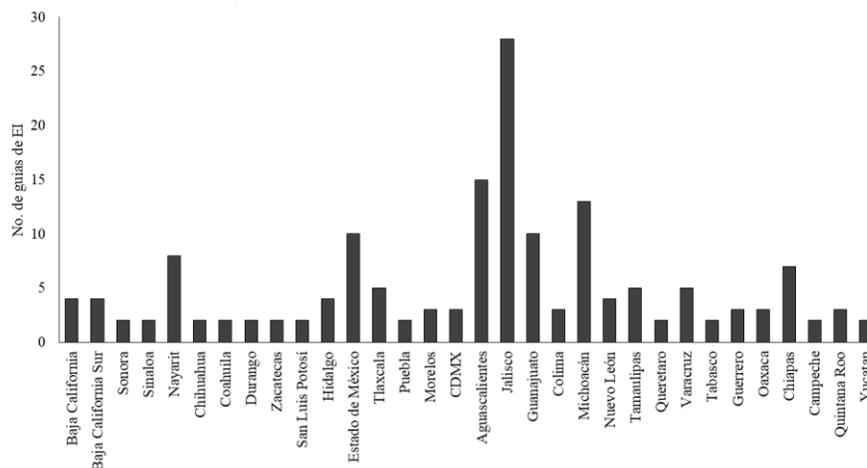


Figura 1. Número de guías para la elaboración de EIA agrupados por estado.

Las guías para MIA regional presentaron un apego promedio del 72.9 %. Los estados que coinciden en más del 90 % con estos requisitos son CMX, OAX y YUC. Mientras que SIN y MOR se encontraron por debajo del 50 %. SLP carece de esta modalidad. Dichos resultados se pueden observar en la Figura 2. En la MIA particular se observó que 17 estados no cuentan con esta modalidad de evaluación ambiental. Los estados que cuentan con este formato mostraron un apego del 79 % en promedio. MOR fue el que presentó menor porcentaje de similitud con 49.2 %. Estos resultados se aprecian en la Figura 3. El IP presentó mayor apego a la guía federal.

El porcentaje de similitud promedio fue del 80 %. SON no solicita IP en sus evaluaciones ambientales. GRO tuvo una afinidad por debajo del 50%. Mientras que 16 estados superaron el 80%. Los resultados antes mencionados se pueden observar en la Figura 4. La disponibilidad de información de acuerdo al tipo de documento que se pretende elaborar llega a ser difícil de recopilar. Perevochtchikova (2003), menciona al respecto que se ha encontrado bajo una problemática compleja dentro del trámite administrativo de la EIA, donde es muy común observar omisiones e inconsistencias.

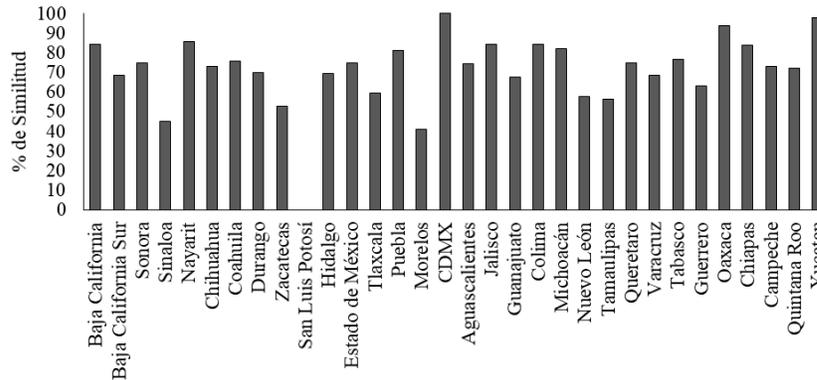


Figura 2. Concentrado estatal del porcentaje (%) de similitud de la MIA modalidad regional en comparación con los lineamientos a nivel federal.

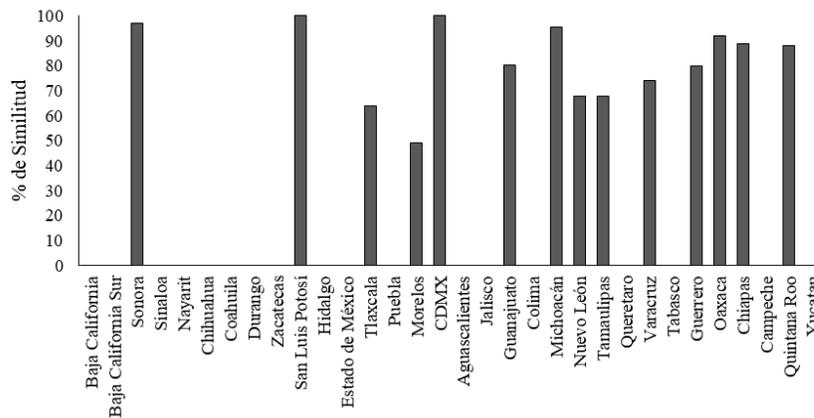


Figura 3. Concentrado estatal del porcentaje (%) de similitud de la MIA modalidad particular en comparación con los lineamientos a nivel federal.

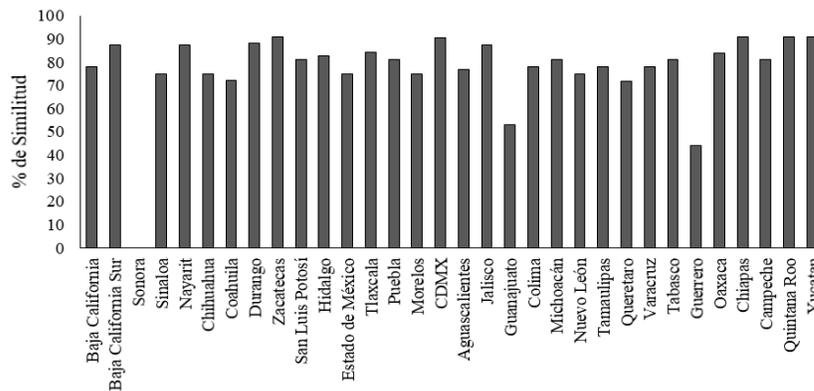


Figura 4. Concentrado estatal del porcentaje (%) de similitud del IP en comparación con los lineamientos a nivel federal.

## Conclusión

La revisión bibliográfica realizada logró identificar el grado de semejanza existente entre los lineamientos estatales con los federales respecto a la evaluación del impacto ambiental. El análisis de la información mostró un panorama general sobre estado actual de la EIA a nivel nacional. Además, la información que se encontró para realizar una EIA fue en algunos casos detallada mientras que en otros resultó muy general. Esto, promueve una apreciación ambigua para los responsables de la evaluación.

Los lineamientos que establecen algunas entidades federativas toman en cuenta las actividades primarias de mayor importancia en su territorio. Sin embargo, esto genera una mayor especificidad para la elaboración de un proyecto de IA. Para garantizar las buenas prácticas de la EIA es necesario lograr la homogeneidad con el formato base MIA o IP, posteriormente es importante indicar las particularidades con documentos adicionales de acuerdo con las características propias del proyecto. Todo esto buscando como objetivo primordial la conservación de los recursos naturales y los ecosistemas.

Las actividades económicas y características propias de cada estado requieren ser contrastadas con los requisitos específicos dentro de sus guías de EIA. Para estudios posteriores se considera deseable la evaluación de los estudios ambientales en la modalidad de análisis de riesgos y auditorías ambientales.

## Literatura Citada

- González-Gaudiano, É. J., & Arias-Ortega, M. Á. (2017). La formación de educadores ambientales en México: avances y perspectivas. *Educación y Revista*, (63), 53–66. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.49136>
- Jiménez, R. (2001). Un paso más en la Evaluación de Impacto Ambiental. *Información Ambiental*, 6, 1–10.
- Micheli, J. (2002). Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y Sociedad*, 14(23), 129–170.
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, vol. XXII, núm. 2, 2013, pp. 283-312 Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C.

## DISTRIBUCIÓN DE LAS FRACCIONES DE C ORGÁNICO OXIDABLE EN SUELOS BAJO DIFERENTES MÉTODOS DE LABRANZA EN EL NORESTE DE MÉXICO

García-Rivas, Yessica Kassandra<sup>1</sup>, Nava-Reyna, Erika<sup>2\*</sup>, Espinosa-Ramírez, Martín<sup>3</sup>,  
Martínez-Gamiño, Miguel Angel<sup>4</sup>, Constante-García, Vicenta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña Km. 0.820, El Vergel, 35120, Gómez Palacio, Durango. <sup>2</sup>INIFAP CENID-RASPA. Canal del Sacramento km. 6.5, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango. <sup>3</sup>INIFAP C.E. Rio Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa Km 61 Apdo. Postal 172; Cd. Rio Bravo Tamaulipas. <sup>4</sup>INIFAP, CIRNE C.E. San Luis. Carretera San Luis Potosí-Matehuala km 14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, 78431, San Luis Potosí, San Luis Potosí. \*Autor de correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### Introducción

El cambio climático es una de las principales problemáticas que se enfrentan en la actualidad a nivel global y esto trae como consecuencia el aumento de la temperatura (Vela Correa et al., 2012). Esto se debe a los cambios que hay en el balance de energía del sistema climático que se deriva del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) (Caviglia et al., 2016). Por otro lado, el carbono orgánico en el suelo (COS) es la fuente de alimento para la mayor parte de la vida en el suelo, ya que da sustento a las plantas superiores y microorganismos que forman parte de sistemas ecológicos terrestres más complejos. (Kimble, et al., 1998). Ya que el carbono integra parte de los GEI, mantener el carbono en el suelo es una reserva clave que puede contrarrestar las emisiones de GEI (CNUCLD, 2015). No obstante, la medición del carbono orgánico total (COT) pudiera no ser un indicador muy sensible a cambios en la calidad del suelo, por lo que determinación de fracciones más lábiles de C pudiera ser más útil para la caracterización del COS de diferentes suelos. En este sentido, el presente proyecto tuvo como objetivo evaluar la distribución de las fracciones de carbono orgánico en suelos bajo diferentes prácticas de manejo de Rio Bravo, Tamaulipas en un sistema de maíz-sorgo.

### Materiales y Métodos

Labilidad del carbono del suelo. Área de estudio. El estudio se llevó a cabo en el campo experimental Río Bravo del INIFAP en Rio Bravo, Tamaulipas, México (25°58'28.80"N, 98°00'44.23"O). Se tomaron muestras de suelo de 0-10 y 10-20 cm en diferentes métodos de labranza (Tabla 1).

Fracciones de C con diferente oxidabilidad. Se determinaron diferentes fracciones de C bajo un gradiente de condiciones oxidantes utilizando ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)-solución acuosa en una relación de 0.5:1, 1:1 y 2:1, que corresponden a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12, 18 y 24 N, respectivamente (Chan et al., 2001). El C oxidable con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24 N es el equivalente al método estándar Walkley y Black.

La concentración de carbono orgánico (OC) se determinó utilizando las soluciones ácidas acuosas en las tres relaciones, permitiendo separar el TOC en las siguientes fracciones con oxidabilidad/labilidad decreciente:

- Fracción 1 (Muy lábil): OC oxidable con  $H_2SO_4$  12 N.
- Fracción 2 (Lábil): Diferencia en el OC oxidable extraído entre  $H_2SO_4$  18 N y 12 N (18 N-12 N  $H_2SO_4$ ).
- Fracción 3 (Menos lábil): Diferencia en el OC oxidable con  $H_2SO_4$  24 N y 18 N.
- Fracción 4 (Recalcitrante): Diferencia en el OC extraído con  $H_2SO_4$  24 N y el TOC (determinado por el analizador elemental LECO).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos con diferentes métodos de labranza

Clave	Descripción
T1	Labranza de conservación+100% de residuos de la cosecha
T2	Labranza de conservación+ 50% de residuos de la cosecha
T3	Labranza cero sin cobertura.
T4	Subsuelo + Rastra
T5	Rotura + Rastra

Análisis estadístico. Los datos recolectados de las de los diferentes tratamientos fueron sometidos a un análisis de homogeneidad de varianza y normalidad utilizando el programa IBM SPSS Statistics, al observar que si se encontraban diferencias significativas se optó por usar Kruskal-Wallis test al 95% de confianza utilizando el programa Medcalc.

## Resultados y Discusiones

Los resultados de distribución de las fracciones de carbono con diferente labilidad en suelos con diferentes sistemas de labranza se encuentran en la Figura 1. La cantidad de C en todas las fracciones depende del tipo de labranza, la profundidad y la interacción entre ambas variables ( $F = 2.884$ , g.l. = 16,  $P = 0.001$ ,  $F = 0.982$ , g.l. = 4;  $P=0.000$  y  $F = 6.359$ , g.l. = 16,  $P = 0.000$ , respectivamente).

De 0-10 cm (Figura 1a), los diferentes métodos de labranza difieren estadísticamente en cuanto a la cantidad de carbono orgánico (CO) en la fracción muy lábil (F1) ( $H=11.1750$ , g.l.=4;  $p=0.023$ ) donde los tratamientos con agricultura de conservación fueron los que mayor concentración de C presentaron, especialmente T1 y T2. En la fracción lábil (F2) también existió diferencia estadística entre los tratamientos ( $H= 11.1000$ , g.l.= 4;  $p= 0.025$ ) donde nuevamente se encontraron concentraciones mayores en las prácticas de agricultura de conservación (T1, T2 y T3) en comparación de la labranza convencional (T4 y T5). En la fracción menos lábil (F3) también se encontraron diferencias entre los tratamientos ( $H= 11.833$ , g.l.= 4;  $p= 0.0178$ ), donde el T2 y T4 fueron los que obtuvieron un mayor nivel de C. En contraste, la fracción recalcitrante (F4) no presentó diferencia estadística entre los distintos métodos de labranza (Figura 1a).

En la Figura 1b se muestran los resultados a una profundidad de 10-20 cm, donde la fracción muy lábil (F1) presentó también diferencia entre los tratamientos ( $H=11.1667$ , g.l.= 4;  $p=0.023$ ), siendo más alta la concentración en la T3 y T4. En la fracción lábil (F2) hubo también diferencia estadística entre los métodos de labranza ( $H=10.5667$ , g.l.= 4,  $p=0.031$ ), donde T2, T4 y T5 presentaron los mayores niveles. Tanto la fracción menos lábil (F3) como la fracción recalcitrante (F4) no presentaron diferencia estadística entre tratamientos ( $H=1.1917$ , g.l.= 4;  $p=0.877$ ,  $H=7.4667$ , g.l.= 4;  $P=0.112$ , respectivamente).

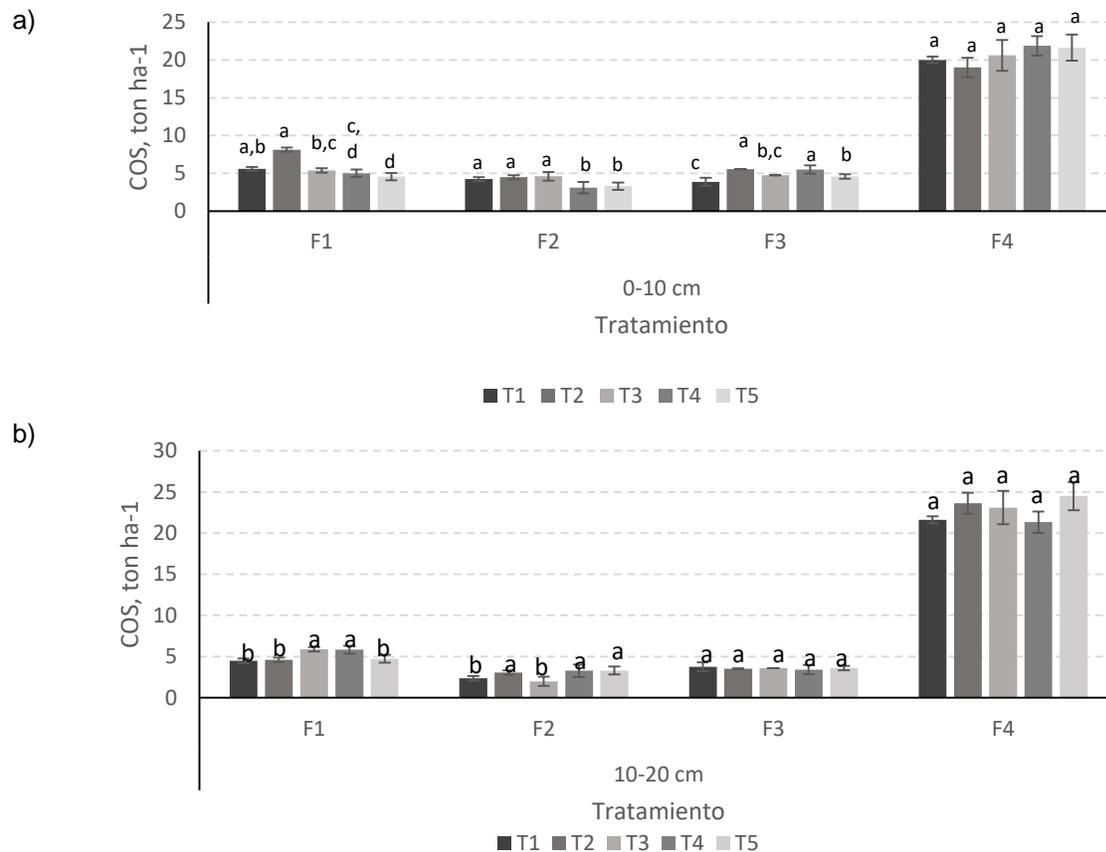


Figura 1. Distribución del COS en fracciones con diferente labilidad bajo diferentes manejos: T1- labranza de conservación e incorporación del 100% de residuos de cosecha; T2- labranza de conservación e incorporación del 50% de residuos de cosecha; T3- labranza de conservación sin incorporación de residuos; T4 - Subsuelo más rastra; T5 - Barbecho más rastra. a) De 0-10 cm de profundidad; b) De 10-20 cm de profundidad. Las barras seguidas por la misma letra para una fracción dada no son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

Virk et al. (2021) reportaron un incremento en de las fracciones de carbono muy lábil (F1), lábil (F2) y parcialmente lábil (F3) cuando se utilizó cero labranza en comparación con labranza rotatoria convencional de 0-10 cm. No obstante, la F1 fue mayor bajo labranza convencional y la F4 no tuvo diferencia estadística de 10-20 cm. Estos resultados concuerdan con los encontrados en la presente investigación.

La labranza de conservación, aunado a la incorporación de una fuente externa de C, parece favorecer la acumulación de formas de carbono lábiles, lo cual a su vez modifica las actividades biológicas y microbianas del suelo a través de distintas actividades enzimáticas (Wei et al., 2019), al ser en su mayoría un pool de carbono fácilmente metabolizable y liberar los nutrientes de las plantas que favorecen una mayor actividad microbiana (Munda et al., 2018; Nandan et al., 2019).

Además, existen investigaciones que sugieren que la no perturbación del suelo puede incrementar el pool de C recalcitrante, conformado por las fracciones F3 y F4 (Nandan et al., 2019). De esta forma, la asociación entre la labranza de conservación con una mayor entrada de C externo, favorecen la salud del suelo y el nivel del COS (Luo et al., 2010; Parihar et al., 2018).

Así, las fracciones de carbono tanto la fracción lábil como la fracción recalcitrante son importantes indicadores para así poder detectar cambios producidos por las prácticas de manejo del suelo (Ferrer & Centrales, 2014). Galantini & Suñer, (2008) mencionan que cada cambio que se generan en las fracciones orgánicas de cada sistema agrícola está relacionado con el tipo de cultivo, labranza y fertilización.

## Conclusiones

La labranza cero, aunado a la reincorporación de residuos de la cosecha, permitió un incremento en el pool lábil y recalcitrante de carbono, el cual es un reflejo del impacto positivo en la salud y fertilidad del suelo, a comparación con las prácticas de labranza tradicionales.

## Literatura Citada

- 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.
- 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. [http://journals.lww.com/soilsci/Abstract/2001/01000/OXIDIZIBLE\\_ORGANIC\\_CARBON\\_FRACTION\\_AND\\_SOIL.9.aspx](http://journals.lww.com/soilsci/Abstract/2001/01000/OXIDIZIBLE_ORGANIC_CARBON_FRACTION_AND_SOIL.9.aspx)
- CNULD. (2015). Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. January 2017, 60.
- Ferrer, J., & Centrales, L. (2014). Fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo bajo diferentes usos en la Colonia Tovar, Venezuela. *Observador Del Conocimiento*, 2(5), 9–18.
- Galantini, J. A., & Suñer, J. A. L. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo : análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia*, XXV, 41–55.
- Kimble, Ronald F. Follett, C. V. C. (n.d.). *The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the ...* - John M. Kimble, Ronald F. Follett, C. Vernon Cole - Google Libros.
- Luo, Z., Wang, E., & Sun, O. J. (2010). Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1–2), 224–231. <https://doi.org/10.1016/J.Agric Ecosyst Environ.2010.08.006>

- Munda, S., Bhaduri, D., Mohanty, S., Chatterjee, D., Tripathi, R., Shahid, M., Kumar, U., Bhattacharyya, P., Kumar, A., Adak, T., Jangde, H. K., & Nayak, A. K. (2018). Dynamics of soil organic carbon mineralization and C fractions in paddy soil on application of rice husk biochar. *Biomass and Bioenergy*, 115, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.BIOENERG.2018.04.002>
- Nandan, R., Singh, V., Singh, S. S., Kumar, V., Hazra, K. K., Nath, C. P., Poonia, S. P., Malik, R. K., Bhattacharyya, R., & McDonald, A. (2019). Impact of conservation tillage in rice-based cropping systems on soil aggregation, carbon pools and nutrients. *Geoderma*, 340, 104–114. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2019.01.001>
- Parihar, C. M., Parihar, M. D., Sapkota, T. B., Nanwal, R. K., Singh, A. K., Jat, S. L., Nayak, H. S., Mahala, D. M., Singh, L. K., Kakraliya, S. K., Stirling, C. M., & Jat, M. L. (2018). Long-term impact of conservation agriculture and diversified maize rotations on carbon pools and stocks, mineral nitrogen fractions and nitrous oxide fluxes in inceptisol of India. *Science of The Total Environment*, 640–641, 1382–1392. <https://doi.org/10.1016/J.Sci.Total Environ.2018.05.405>
- Peterson, T. C., Karl, T. R., Jamason, P. F., Knight, R., & Easterling, D. R. (1998). First difference method: Maximizing station density for the calculation of long-term global temperature change. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 103(D20), 967–992. <https://doi.org/10.1029/98J.Geophys.Res01168>
- Vela Correa, G., Blanco, J. L., & De Lourdes Rodríguez Gamiño, M. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el suelo de conservación del distrito federal, centro de México. *Investigaciones Geograficas*, 77, 18–30. <https://doi.org/10.14350/rig.31007>
- Virk, A. L., Kan, Z. R., Liu, B. Y., Qi, J. Y., He, C., Liu, Q. Y., Zhao, X., & Zhang, H. L. (2021). Impact of biochar water extract addition on soil organic carbon mineralization and C fractions in different tillage systems. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101193. <https://doi.org/10.1016/Environ.Technol.innov.2020.101193>
- Wei, L., Razavi, B. S., Wang, W., Zhu, Z., Liu, S., Wu, J., Kuzyakov, Y., & Ge, T. (2019). Labile carbon matters more than temperature for enzyme activity in paddy soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 135, 134–143. <https://doi.org/10.1016/sol Biol.Biochem.2019.04.016>

## FRECUENCIAS SIGNIFICATIVAS EN SERIES DE ANILLOS DE ÁRBOLES EN EL NORESTE DE MÉXICO

Vicenta Constante-García<sup>1\*</sup>, Julián Cerano-Paredes<sup>1</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>1</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, Aldo R. Martínez-Sifuentes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

### Introducción

México presenta una alta variabilidad climática originada por su ubicación geográfica y orografía (Sánchez *et al.*, 2007). Derivado de esta complejidad orográfica y ubicación geográfica en el continente Americano, el Monzón de Norteamérica y la posición de la Zona Intertropical de Convergencia (ITZC), determinan la dominancia de un régimen de lluvias de verano, donde se tiene influencia El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés), con influencia variable en las diversas regiones del país (Magaña *et al.*, 2003; Pavia *et al.*, 2006). Determinar la influencia de estos fenómenos en un país con una orografía accidentada, se vuelve relevante; particularmente con el cambio climático (IPCC, 2018). Bajo este panorama, los anillos de árboles fechados exactamente al año de su formación, constituyen un método indirecto para analizar la influencia de estos modos circulatorios y su frecuencia en el tiempo (Cook, 1992; Worbes, 2002). La generación de series de crecimiento de anillos de árboles más allá de los registros climáticos disponibles, constituyen una opción para analizar históricamente la incidencia de estos fenómenos y su frecuencia a través del tiempo. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar las frecuencias significativas de las series de anillos de árboles que pueden estar relacionadas con los fenómenos océano-atmósfera que inciden en el clima del noreste del México.

### Materiales y Métodos

Núcleos de crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl se colectaron con una barrena Pressler en una población de pino-encino localizado en el municipio de Iturbide, Nuevo León. Los núcleos de crecimiento se obtuvieron en campo, se procesaron y fecharon acorde a técnicas dendrocronológicas convencionales (Stokes y Smiley, 1976). La medición de los anillos de crecimiento datados al año de su formación se realizó en un sistema de medición Velmex con el software J2X para Windows. La verificación del fechado se realizó mediante el software COFECHA (Holmes, 1983). La estandarización de las series de crecimiento para eliminar la influencia de la edad, se realizó al aplicar la curva de mejor ajuste a cada serie de medición (Cook, 1985), resaltando de esta manera la señal climática. Para definir la presencia de frecuencias significativas en las serie dendrocronológica se llevó a cabo mediante un análisis de ondeletas, utilizando la wavelet madre Morlet (Torrence y Compo, 1998) empleando el programa R (Bunn y Korpela, 2016).

## Resultados y Discusión

La extensión de la serie dendrocronológica de anillo total de *P. pseudostrobus* fue de 143 años (1870 – 2013), con un tamaño de muestra de 40 radios procedentes de 27 árboles, registró una intercorrelación entre series de 0.70 ( $p < 0.01$ ). El análisis de ondeleta detectó dos periodos significativos ( $p < 0.05$ ) de 15 y de 30 a 32 años, respectivamente. El periodo de 15 años se extiende de 1885 a 1925, mientras que el de 30 a 32 años involucra la mayoría de la cronología, donde el periodo significativo se extiende de 1900 a 1970. También se identificaron otras frecuencias en el rango de 3 a 7 años (Figura 1).

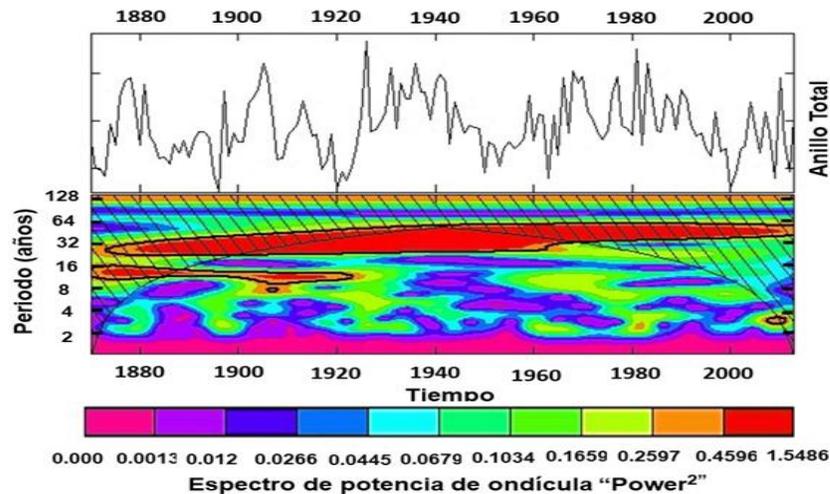


Figura 1. Espectro de potencia de ondeleta perteneciente a la cronología de ancho de anillo total del *P. pseudostrobus*. Las manchas rojas delimitadas por línea negra indican periodos con frecuencias significativa al ( $p < 0.05$ ). El cono indica la significancia ( $p < 0.05$ ) especial en el periodo analizado.

El análisis pone de manifiesto la presencia de diversas señales que pueden estar asociados a diversos fenómenos océano-atmósfera. Estudios al respecto indican que la frecuencia entre 2 a 8 años se asocian a la variabilidad de ENOS (Rasmusson y Carpenter, 1982; Schöngart *et al.*, 2004).

Estas frecuencias han sido reportadas para el norte de México (Cerano-Paredes *et al.*, 2011) asociadas al ENSO de 1 a 14 años en el periodo 1900 a 1950, así como frecuencias de 1 a 2 y de 6 a 8 años de 1986-2000. Respecto a los periodos multidecadales, estos podrían asociarse a la PDO, la cual es una fluctuación que impacta directamente en el clima de América del Norte con una marcada influencia en la cuenca del Pacífico (Hare y Mantua, 2000; Gutzler *et al.*, 2002) llegando a presentarse en el pacífico mexicano (Brito-Castillo *et al.*, 2002).

Aunque en general esta señal es más reportada para el Pacífico, existen algunos autores que indican un efecto de este fenómeno al sureste de USA (Mantua *et al.*, 1997) y el noreste de México (González *et al.*, 2010), mismos que resultan concordantes con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

## Conclusión

La serie de crecimiento de anillo total de *P. pseudorobus* indica la presencia de frecuencias de 3, 7, 15 y multidecadales de 30 a 32 años, los cuales pueden asociarse al ENSO y en mayor proporción al PDO. Los resultados encontrados dan la pauta para involucrar un mayor número de especies en la región y analizar a detalle la influencia de estos fenómenos de circulación general.

## 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".

## Literatura Citada

- Brito-Castillo, L., Leyva-Contreras, A., Douglas, A. V., y Lluch-Belda, D. (2002). Brito Castillo 2002 Pacific Decadal Oscillation and the filled capacity of dams on the rivers of the Gulf of California continental watershed. *Atmósfera*, 15, 121–138.
- Bunn, A., y Korpela, M. (2016). Crossdating in dplR. 3, 1–12.
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Valdez-Cepeda, R. D., Arreola-Ávila, J. G., y Constante-García, V. (2011). El niño oscilación del sur y sus efectos en la precipitación en la parte alta de la cuenca del río nazas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(Especial), 207–215. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.076>
- Cook, E. R. (1985). A Time Series Analysis Approach to Tree Ring Standardization. School of Renewable Natural Resources, PhD Thesis, 171.
- Gonzalez, J. M., Leyva, A. R., Oviedo, E. C., Lupercio, A. Z., y Perez, T. C. (2010). Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura en México. *Investigaciones Geograficas*, 73(1923), 57–70.
- Gutzler, D. S., Kann, D. M., y Thornbrugh, C. (2002). Modulation of ENSO-based long-lead outlooks of Southwestern U.S. winter precipitation by the Pacific Decadal Oscillation. *Weather and Forecasting*, 17(6), 1163–1172. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(2002\)017<1163:MOEBLL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(2002)017<1163:MOEBLL>2.0.CO;2)
- Hare, S. R., y Mantua, N. J. (2000). Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Progress in Oceanography*, 47(2–4), 103–145. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(00\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(00)00033-1)
- Holmes, R. (1983). Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*.
- IPCC. (2018). IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. , In the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], In Press. <https://doi.org/10.1038/291285a0>
- Magana, V. O., Vázquez, J. L., Pérez, J. L., y Pérez, J. B. (2003). *Geofísica Internacional*. *Geofísica Internacional*, 42(3), 313–330. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56842304>

- Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y., Wallace, J. M., y Francis, R. C. (1997). A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(6), 1069–1079. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<1069:APICOW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<1069:APICOW>2.0.CO;2)
- Pavia, E. G., Graef, F., y Reyes, J. (2006). NOTES AND CORRESPONDENCE PDO – ENSO Effects in the Climate of Mexico. *Journal of Climate*, 19, 6433–6438.
- Rasmusson, E. M., y Carpenter, T. (1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillation/El Niño. *Monthly Weather Rev*, 110, 354– 384.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., y Zambrano, L. (2007). Perpectivas sobre conservación de ecosistemas acuaticos en México. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat).
- Schöngart, J., Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Ayres, J. M., Hüttermann, A., y Worbes, M. (2004). Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. *Global Change Biology*, 10(5), 683–692. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00754.x>
- Torrence, C., y Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis christopher. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61–78.
- Worbes, M. (2002). One hundred years of tree-ring research in the tropics - A brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*, 20(1–2), 217–231. <https://doi.org/10.1078/1125-7865-00018>

## EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS SOBRE CRECIMIENTO DEL PINO PIÑONERO

Vicenta Constante-García<sup>1\*</sup>, Erika Nava-Reyna<sup>1</sup>, José Villanueva-Díaz<sup>1</sup>,  
Aldo R. Martínez-Sifuentes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

### Introducción

Los bosques de pino piñonero se encuentran distribuidos básicamente en el norte y centro de México (Rzedowski, 1978). Para el noreste del país, estos bosques se ha visto amenazado por disturbios antropogénicos (Vallejo, 1997). No obstante, debido a un aumento en las temperaturas a nivel mundial, este tipo de ecosistemas de clima frío a templado se han vuelto altamente vulnerables (Reichstein *et al.*, 2013). Lo anterior se vuelve un problema tomando en cuenta que los bosques son grandes productores de agua (Torres-Rojo y Guevara-Sanginés, 002). Así, por ejemplo, el macizo montañoso de la “Sierra Zapalinamé” aporta un 75.5 Hm<sup>3</sup> (hectómetros cúbicos) al año, de un total de 128 Hm<sup>3</sup> destinados para la región sureste de Coahuila (Villareal-Reyna, 2013). Ante este panorama, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el efecto de las temperaturas sobre el crecimiento anual del *Pinus cembroides* Zucc. especie representativa de la parte montañosa del área natural protegida “Sierra Zapalinamé”.

### Materiales y Métodos

La obtención de cilindros de madera (virutas) se realizó dentro del área natural protegida “Sierra Zapalinamé” que forma parte de la Sierra Madre Oriental, localizada en una ramificación de la Gran Sierra Plegada, en la zona de transición entre las provincias florísticas de la Sierra Oriental y la Altiplanicie Mexicana (UAAAN, 1998). Los cilindros de crecimiento obtenidos en campo fueron procesados y fechados de acuerdo a técnicas dendrocronológicas estándar (Stokes y Smiley, 1976). Las mediciones de los anillos de crecimiento fueron medidos en un sistema de medición Velmex con el software J2X para Windows. La verificación del fechado se realizó mediante el software COFECHA (Holmes, 1983). La estandarización de las series de crecimiento para eliminar la influencia de la edad, se llevó a cabo al aplicar la curva de mejor ajuste a cada serie de crecimiento (Cook, 1985), resaltando de esta manera la señal climática con la finalidad de obtener una cronología de anillo total. Posteriormente se realizó un análisis de función de respuesta (Blasing *et al.*, 1983) entre la cronología de anillo total y los registros promedios regionales de la temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) (1949-2000) en el año previo y el año actual de crecimiento.

## Resultados y Discusión

La extensión de la serie dendrocronológica de anillo total de *P. cembroides* forma parte de una cronología más extensa (410 años) con un tamaño de muestra de 67 radios procedentes de 33 árboles, con un valor de intercorrelación entre series de 0.71 ( $p < 0.01$ ). La sección utilizada de la cronología para el análisis climático fue de 1949-2000, esta sección fue definida por la disponibilidad de los datos climáticos disponibles para la región de estudio. El análisis de función de respuesta indica una influencia de las temperaturas máximas y mínimas en el crecimiento.

La Tmax presenta una relación positiva importante en los meses de agosto y septiembre del año actual del crecimiento. Esta misma variable, en forma contraria, muestra una relación negativa con los meses julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año previo al crecimiento, así como los meses enero a julio del año actual. Aunque negativa, la mayor influencia de la Tmax sobre el crecimiento de *P. cembroides* se registró en los meses de octubre del año previo hasta julio del año actual, con una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y mayo.

En cuanto a las temperaturas mínimas, las correlaciones positivas más importantes se observaron para los meses de septiembre y diciembre del año anterior al crecimiento, así como los meses de septiembre y diciembre del año en el que ocurre el crecimiento. Las correlaciones negativas más trascendentes para esta misma variable se presentan en enero, febrero y marzo del año actual del crecimiento. A diferencia de la Tmax, la Tmin no presentó un período estacional definido, tampoco presentó un mes significativo al crecimiento de *P. cembroides* (Figura 1).

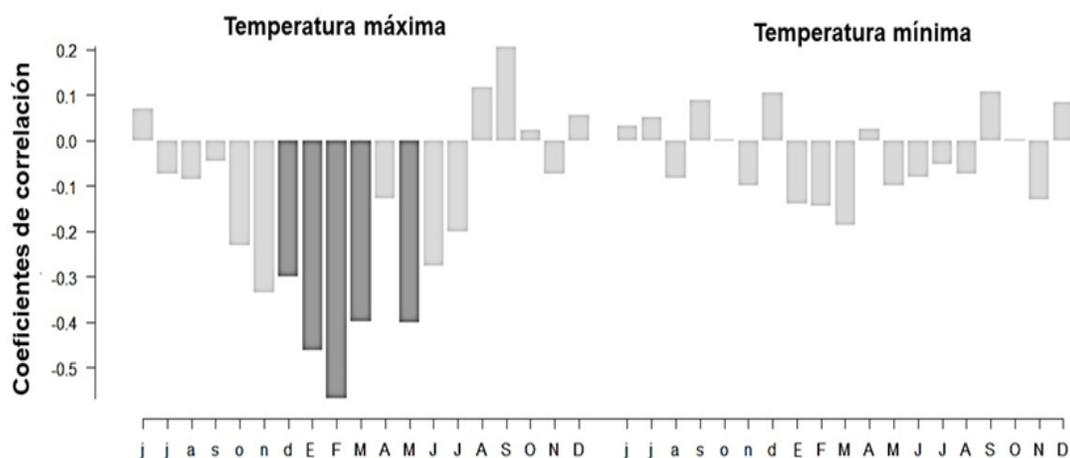


Figura 1. Relaciones entre Tmax y Tmin y anillo total de la especie *Pinus cembroides*. Las barras en color gris oscuro indican el nivel de significancia ( $p < 0.05$ ). Las letras mayúsculas indican el año en el que ocurre el crecimiento y las minúsculas el año previo.

La respuesta negativa del crecimiento de esta especie a las temperaturas máximas y mínimas es concordante con el reportado por Carlón *et al.*, (2018). No obstante, esta misma respuesta es reportada en otras coníferas (Huante *et al.*, 1991). De la misma forma Bernal-Salazar y Terrazas-Salgado (2000) indican que las temperaturas de marzo son relacionadas negativamente con la anchura de los anillos. Otro trabajo realizado sobre varias coníferas dentro de la Sierra Madre Occidental revelan la misma respuesta a las temperaturas máximas (Chávez-Gándara *et al.*, 2017).

## Conclusiones

El desarrollo del crecimiento anual del *Pinus cembroides* no es favorecido por las temperaturas máximas ocurridas en el mes de octubre, noviembre y diciembre del año previo al crecimiento, así como los meses de enero a julio del año en el que ocurre el crecimiento. En cuanto a la T<sub>min</sub>, esta no presentó un efecto significativo sobre el crecimiento del pino piñonero.

## Literatura Citada

- Bernal-Salazar, S., Terrazas y Salgado, T. (2000). Influencia climática sobre la variación radial de caracteres anatómicos de madera en *Abies religiosa*. *Madera y Bosques*, 6(1), 73–86. <https://doi.org/10.21829/myb.2000.611343>
- Blasing, T., Duvick, D., y Cook, E. (1983). Filtering the effects of competition from ring-width series. *Tree-Ring Bulletin*; (), 43.
- Carlón Allende, T., Mendoza, M. E., Villanueva Díaz, J., y Li, Y. (2018). Climatic response of *Pinus cembroides* Zucc. radial growth in Sierra del Cubo, Guanajuato, Mexico. *Trees*, 32(5), 1387–1399. <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1720-1>
- Chávez-Gándara, M. P., Cerano-Paredes, J., Nájera-Luna, J. A., Pereda-Breceda, V., Esquivel-Arriaga, G., Cervantes-Martínez, R., Cambrón-Sandoval, V. H., Cruz-Cobos, F., y Corral-Rivas, S. (2017). Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera con base en anillos de crecimiento de árboles para la región de San Dimas, Durango, México. *Bosque*, 38(2), 387–399. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200016>
- Huante, P., Rincón, E., y Swetnam, T. (1991). Dendrochronology of *Abies Religiosa* in Michoacan, Mexico. *Tree-Ring Bulletin*. <http://hdl.handle.net/10150/262286>
- Pompa-García, M., y Yarena-Yamalliel, J. I. (2014). Concentración de carbono en *Pinus cembroides* Zucc: Fuente potencial de mitigación del calentamiento global. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XX(3), 169–175. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.04.014>
- Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P., Frank, D., Mahecha, M. D., Seneviratne, S. I., Zscheischler, J., Beer, C., Buchmann, N., Frank, D. C., Papale, D., Rammig, A., Smith, P., Thonicke, K., van der Velde, M., Vicca, S., Walz, A., y Wattenbach, M. (2013). Climate extremes and the carbon cycle. *Nature*, 500(7462), 287–295. <https://doi.org/10.1038/nature12350>
- Torres-Rojo, J. M., y Guevara-Sanginés, A. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, 63, 40–59.
- UAAAN (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). 1998. Programa de manejo de la Zona Sujeta a Conservación Eco-lógica "Sierra de Zapalinamé". Coahuila, México.
- Vallejo, M. G. E. (1997). Asociación de variables dasonómicas a diferentes niveles de producción de conos en pino piñonero *Pinus cembroides* Zucc. en el sur de Nuevo León, México. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N.L126.
- Villareal-Reyna, F. (2013). Evaluación del potencial hídrico y su impacto en el desarrollo de Saltillo, Coahuila. Tesis Doctoral, Univesidad Autonoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N.L. 432p.

## **CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE SUELO EN EL PROGRAMA MUNICIPAL DE RESTAURACIÓN DE SUELOS Y REFORESTACIÓN**

Juan Carlos Herrera Salazar\*, Josué Raymundo Estrada Arellano, Gabriel Fernando Cardoza Martínez, Miguel Ángel Garza Martínez, María Cristina García de la Peña

Universidad Juárez del estado de Durango, Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia C.P. 35010, Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: hsjc20@ujed.mx

### **Introducción**

Derivado del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Lerdo Durango, se plantean varias estrategias y acciones a desarrollar con la intención de dar cumplimiento a los Lineamientos Ambientales y los Criterios de Regulación Ecológica planteados, para cada Unidad de Gestión Ambiental (UGA), en este Programa. Una estrategia específica enmarca promover la restauración de suelos y la reforestación, a través de la elaboración de un Programa Municipal de restauración de suelos y reforestación. Para ello es necesario identificar y ubicar las zonas donde es prioritario el desarrollo de acciones de conservación de agua y suelo; así como de reforestaciones. Actualmente, los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y el uso del suelo se encuentran en el centro de atención de la investigación ambiental debido a las implicaciones ecológicas que éstos conllevan (Bocco et al., 2001). De acuerdo con Lambin (1997), la mayoría de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se deben a tres factores: 1) Conversión de la cobertura del terreno (transformación), 2) Degradación del terreno, 3) Intensificación en el uso del terreno. El uso de los análisis de cambio de cobertura y uso del suelo (ACCUS) como indicadores de integridad ecológica tiene como base el hecho de que éstos se encuentran entre los principales factores causales de diversos procesos de deterioro, como la pérdida de hábitat y, por lo tanto, de biodiversidad, la degradación de los suelos, el cambio en las condiciones climáticas locales y regionales, el cambio climático global y la pérdida de servicios ecosistémicos (Sánchez-Cordero et al., 2011).

### **Materiales y Métodos**

Se realizó un análisis de cambios en la cobertura y uso de suelo del municipio de Lerdo utilizando el Modelador de Cambios en el Terreno para la Sostenibilidad Ecológica (LCM) en la plataforma TerrSet a partir de las capas de cobertura y uso de suelo generadas en el presente trabajo. Para poder utilizar dicho modelador fue necesario cubrir los siguientes requisitos:

- Los textos en ambos mapas eran iguales.
- Los mapas contenían las mismas categorías y éstas eran secuenciales.
- Los fondos en ambos mapas eran iguales y tenían un valor de cero.
- Las dimensiones espaciales, incluyendo la resolución y las coordenadas, eran las mismas.

Este modelador evalúa el cambio entre el momento 1 y el momento 2 de dos mapas de cobertura de suelo e identifica las transiciones de un estado de la superficie a otro. Los archivos de salida pueden ser de tres tipos: 1) Gráficos de pérdidas y ganancias por categoría; 2) Gráficos del cambio neto, es decir, el resultado de tomar las áreas de superficies terrestres anteriores, agregar las ganancias y luego restar las pérdidas y 3) Gráficos donde se detallan las contribuciones a los cambios experimentados por una sola categoría (Eastman, 2012). Por otro lado, los datos de la cobertura de suelo fueron utilizados para estimar la tasa de cambio en la cobertura natural en el municipio de Lerdo, Dgo. La tasa de cambio se calculó de acuerdo a la ecuación propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1996):

$$TC = ((S_2 / S_1)^{1/t} - 1) \times 100$$

Donde:

TC= tasa de cambio en cobertura natural; S1= superficie con cobertura natural en el tiempo inicial del análisis (t1); S2= superficie con cobertura natural en el tiempo final del análisis (t2); t= número de años transcurridos entre t1 y t2.

Los valores obtenidos en el cálculo de la tasa de cambio expresan el porcentaje de cambio en la superficie con cobertura natural en función del tiempo y son positivos cuando hay un proceso de recuperación de la cobertura natural, siendo negativos cuando el terreno experimenta un proceso de transformación o degradación.

## Resultados y Discusión

Los tipos de cobertura y uso de suelo presentes en el municipio de Lerdo fueron reclasificados en cobertura natural y uso antrópico para utilizar la fórmula propuesta por la FAO, obteniendo que la tasa de cambio de la cobertura natural fue -1.01%, lo que significa que cada año se pierde el 1% de la cobertura natural en el municipio. En el análisis general de cambios en la cobertura y uso de suelo en el municipio de Lerdo para el periodo de 2013 a 2019 se observó que la clase que más superficie perdió fue el Matorral micrófilo (2,318 ha), seguido por el Chaparral (90 ha) y la Vegetación de galería (50 ha). Por su parte, las clases que presentaron ganancias en su superficie fueron la Agricultura (1,576 ha), el Matorral rosetófilo (235 ha), las Áreas sin vegetación aparente (414 ha) y los Asentamientos humanos (233 ha) (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro 1. Se muestran las pérdidas y ganancias de cada clase, así como su cambio neto.

Tipo de cobertura y uso de suelo	Pérdidas (ha)	Ganancias (ha)	Cambio neto (ha)
Agricultura	-2069	3645	1576
Chaparral	-90	0	-90
Matorral rosetófilo	-44	279	235
Matorral micrófilo	-3478	1160	-2318
Área sin vegetación aparente	-658	1072	414
Asentamientos humanos	-59	292	233
Vegetación de galería	-81	31	-50

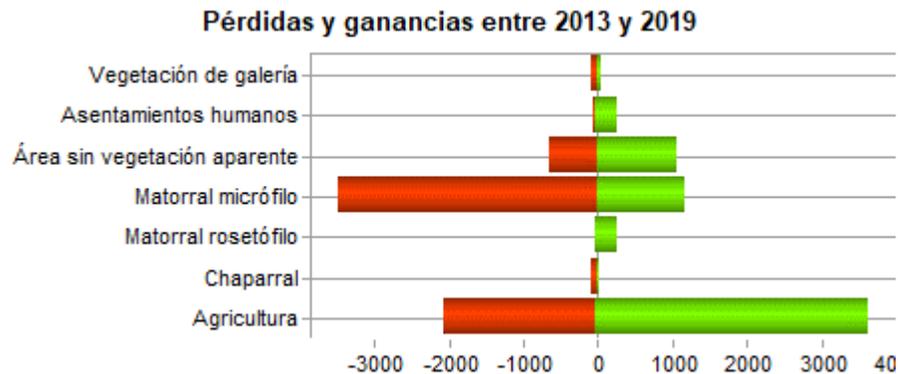


Figura 1. Gráfica de pérdidas y ganancias por tipo de cobertura y uso de suelo en el municipio de Lerdo en el periodo 2013-2019.

## Conclusiones

Las transformaciones de las coberturas vegetales y uso de suelo, las ganancias y pérdidas de superficies de las clases que componen un determinado territorio, son fenómenos relativamente normales en el contexto de la influencia de las actividades antropogénicas en los municipios, tomando en cuenta los diferentes factores climáticos, geológicos, ecológicos, entre otros, los cuales deben ser identificados de acuerdo a cada caso y según el objetivo de uso de información por parte de las autoridades y los administradores del territorio.

## Literatura Citada

- Bocco, G., M. Mendoza y A. Velázquez 2001. "Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping. A tool for land use planning in developing countries". *Geomorphology* 39(3-4): 211-219.
- Lambin, E.F. 1994. *Modelling Deforestation Processes. A Review. Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellites (TREES). TREES Series: Research Report No. 1.* Publicado por la Comisión Europea, Luxemburgo. 113 pp.
- Sánchez-Cordero, V., Figueroa, F., Illoldi, P., & Inaje, M. 2009. Efectividad de las áreas naturales protegidas de México. En *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* 385-431.
- Eastman, J. R. 2012. *IDRISI Selva GIS and image processing software version 17.0.* Clark Labs. Worcester, MA USA. 321 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1996. *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes.* FAO. Roma.

## **SPI VS SPEI ¿CUÁL ÍNDICE ES MÁS SENSIBLE A EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS?: CASO DE ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO MAYO, SONORA**

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes<sup>1\*</sup>, José Antonio Hernández Herrera<sup>2</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>3</sup>, Edwin Amir Briceño-Contreras<sup>3</sup>, María Guadalupe Torres-Delgado<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INIFAP CENID-RASPA. Margen Derecho Canal del Sacramento km. 6.5, Zona Industrial 4ª Etapa, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>UAAAN-Unidad Saltillo. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315 Saltillo, Coahuila, México. <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de Biología y Ecología Forestal. Av. Universidad S/N. Fracc. Filadelfia. Gómez Palacio, Durango. C. P. 350104. <sup>4</sup>UAAAN-Unidad Laguna. Raúl López Sánchez, Valle Verde, C.P. 27054 Torreón, Coahuila. \*Autor de correspondencia: [im\\_aldo09@hotmail.com](mailto:im_aldo09@hotmail.com)

### **Introducción**

Las sequías son una de los más grandes problemas que compromete la seguridad y sobrevivencia humana a nivel mundial, en este sentido, es complicado definir una sequía, por el hecho de que son espacial y temporalmente variables, inciden de manera diferente a nivel regional, y es difícil precisar su inicio y final, magnitud, duración y extensión de impacto (Quiring y Papakryiakou 2003). Debido a la creciente demanda de recurso hídrico para satisfacer las necesidades urbanas, agrícolas y naturales, a causa de aumentos en temperatura y escasas en precipitación, se ha incrementado el estudio de sequías en zonas áridas de México y el mundo (Vicente-Serrano *et al.*, 2010).

Un aspecto importante que caracteriza a las sequías, es su naturaleza multiescalar, es decir, que se presenta a múltiples escalas de tiempo y se origina por retrasos en los sistemas naturales y antrópicos de aprovechamiento (Lorenzo-Lacruz *et al.*, 2010); el comportamiento a escala de tiempo define el tipo de sequía, siendo meteorológica (a un mes), agrícola (tres a seis meses) e hidrológica (escala a 12 meses) (Homdee *et al.*, 2016). En este contexto, la evapotranspiración es un factor que está influenciado por diversas variables, entre ellas, se encuentra la temperatura y la demanda de evaporación atmosférica (Beguiría *et al.*, 2014); la temperatura es la variable climática que influye directamente en la disponibilidad hídrica y por consiguiente, en la aparición de sequías (Vicente-Serrano *et al.*, 2015).

Actualmente existen diversos índices de sequías, sin embargo, los más comunes son el Índice de Sequía de Severidad de Palmer (PDSI, por sus siglas en inglés) (Palmer 1968), y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) (Mckee et al. 1993); donde el PDSI constituye un balance hidrológico que considera parámetros como precipitación, escurrimiento, humedad y evaporación, en contraposición al SPI, que solamente emplea como insumo a la precipitación (Vicente-Serrano *et al.*, 2010).

Otro de los índices de sequía es el Índice Estandarizado de Precipitación-Evaporación (SPEI) (Vicente-Serrano *et al.*, 2010), el cual es un índice multiescalar y sensitivo a las alteraciones históricas de precipitación y temperatura, y tiene la característica de identificar sequías a diferente escala de tiempo, conforme a las tendencias producidas por cambio climático en una región y donde además incorpora a la precipitación y temperatura. El objetivo del presente estudio, fue desarrollar y analizar los índices SPI y SPEI, para determinar cuál de ellos es más sensible a los eventos climáticos extremos en la cuenca del río Mayo en Sonora.

## Materiales y Métodos

La CRM, se localiza al sur del estado de Sonora (Figura 1), entre las coordenadas extremas 28°26'1.21" a 26°39'12.9" de latitud norte y de -109°56'23.05" a -107°57'25.42" de longitud oeste, forma parte de la Región Hidrológica No 9 Sonora Sur con una superficie de 27,541 km<sup>2</sup>. El clima fluctúa de semifrío Cb'(w2)x' en la región alta de la Sierra Madre Occidental, hasta muy árido BW(h')w en la costa del océano Pacífico (García, 1998). La temperatura media anual presenta un gradiente de 10 °C a 21 °C y la precipitación anual varía de 200 a 700 mm.

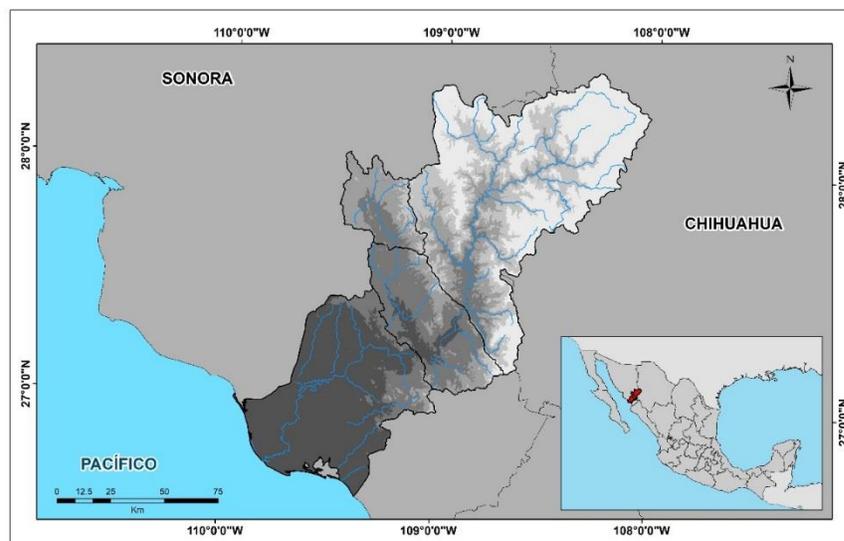


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Mayo en Sonora.

La información climática mensual de precipitación, temperatura máxima y mínima se obtuvo de la base de datos de reanálisis Climate Research Unit desde 1901 a 2019 (Harris *et al.*, 2020). Se calcularon los índices climáticos SPI y SPEI en ambiente RStudio versión 1.4.1717 (RStudio Team, 2020). Para el cálculo de SPEI se utilizó el método de Hargreaves para estimar la evapotranspiración potencial, con el centroide 28.09 de latitud norte. Para denotar los eventos de sequía, se trabajó con la escalar temporal de SPI a 12 meses (Ortega, 2012). La categorización del SPI y SPEI se realizó de acuerdo con la clasificación de la OMM (2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los valores de SPI y SPEI.

Valor de SPI	Categoría
> 2.0	Extremadamente húmedo
1.50 – 1.99	Muy húmedo
1.0 – 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 – 0.99	Normal o aproximadamente normal
-1.0 – -1.49	Moderadamente seco
-1.5 – -1.99	Severamente seco
< -2.0	Extremadamente seco

## Resultados y Discusión

La variabilidad del índice SPI regional para la cuenca del río Mayo, presenta eventos catalogados como extremos, de entre los cuales, destacan como extremadamente secos los años de 1995 y 1998 con valores de SPI de -2.12 y -3.13, respectivamente. Por otro lado, como eventos extremadamente húmedos se encuentran los años de 1958, 1983-1984 y 2015, con valores de SPI de 2.40, 2.22, 2.36 y 2.48, respectivamente (Figura 2). En tanto al índice SPEI, se encontró únicamente un evento extremadamente seco 1996 con -2.08, y uno extremadamente húmedo en 2015 con valor de 2.08 (Figura 3). Los eventos de sequía concuerdan con periodos analizados de escurrimiento reconstruido por anillos de árboles (Martínez-Sifuentes et al., 2020). Con respecto a otro análisis con índices de sequía para la cuenca del río Fuerte, entre Chihuahua, Sinaloa y Sonora, coinciden los eventos de sequía para la década de los 90's (Castillo-Castillo et al., 2017)

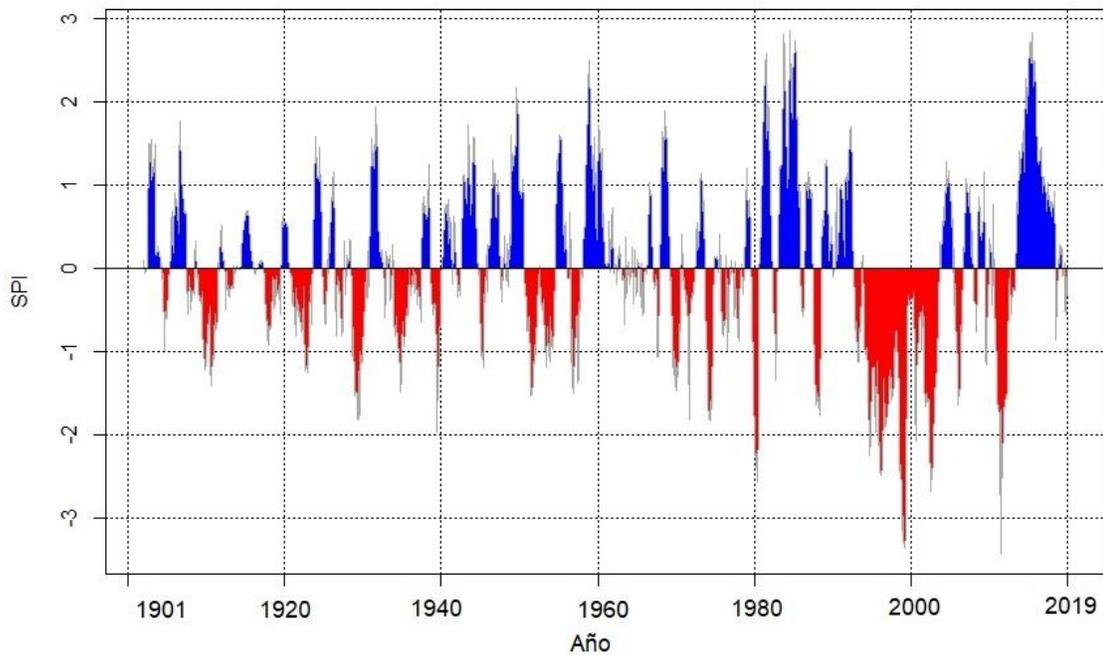


Figura 2. Índice SPI para la cuenca del río Mayo (1901-2019).

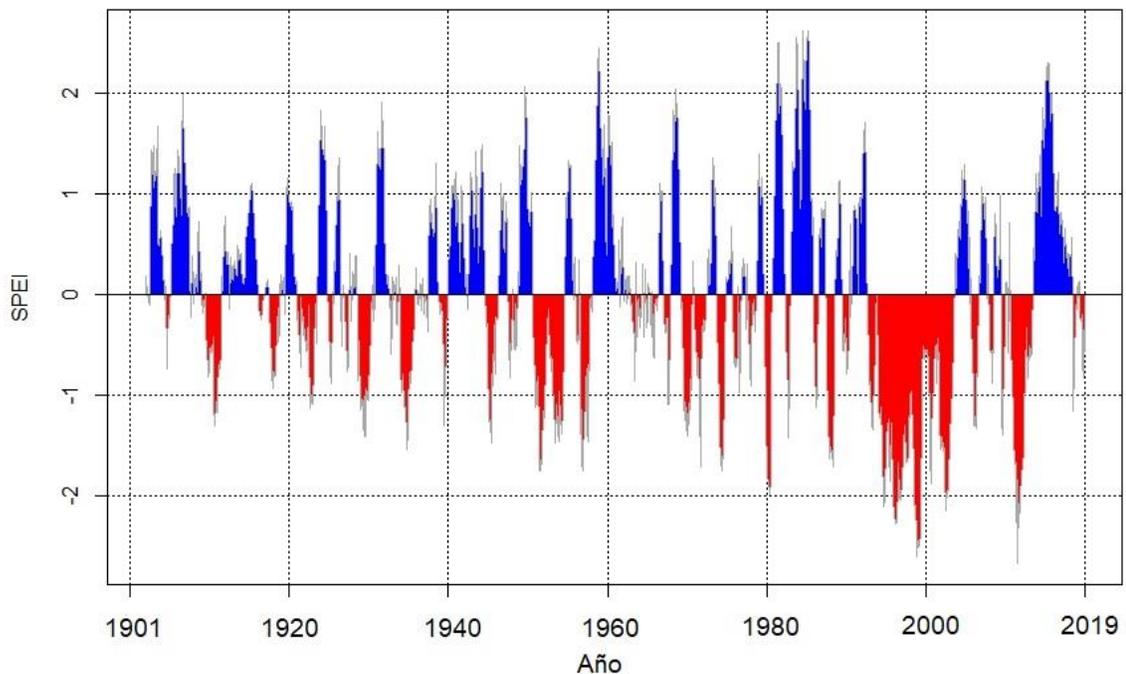


Figura 3. Índice SPEI para la cuenca del río Mayo (1901-2019).

## Conclusiones

Dada la importancia del sector agrícola en la cuenca del río Mayo, el SPEI y su sensibilidad a los cambios globales y locales de la temperatura que estima la demanda evaporativa, se convierte en una valiosa herramienta para la prevención, monitoreo y mitigación de la sequía en esta región, muy vulnerable a este fenómeno. Los índices SPI y SPEI, permitieron conocer

la variabilidad hidroclimática de la cuenca del río Mayo en Sonora, mediante el uso de datos de reanálisis como los del Climate Research Unit. Se encontraron dos años catalogados como extremadamente secos (1995 y 1998), con valores de SPI muy por debajo de -2.0, así como cuatro eventos extremadamente húmedos (1958, 1983-1984 y 2015), con rangos de SPI por encima de 2.0. En cambio, el SPEI solamente identificó un año como extremadamente seco 1996 con valor de índice un poco por debajo de -0.2, y un año extremadamente húmedo 2015 con un valor de SPEI de 2.08.

## Literatura Citada

- Beguiría S., Vicente-Serrano SM, Reig F, Latorre B (2014) Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology* 34: 3001-3023. <https://doi.org/10.1002/joc.3887>.
- Castillo-Castillo, Mónica, Ibáñez-Castillo, Laura A., Valdés, Juan B., Arteaga-Ramírez, Ramón, & Vázquez-Peña, Mario A. (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(1), 35-52. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-03>
- García E (1998). *Weather, vectorial shapefile, scale 1:1.000.000*. México.
- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. et al. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci Data* 7, 109. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
- Homdee T, Pongput K, Kanae S (2016) A comparative performance analysis of three standardized climatic drought indices in the Chi River basin, Thailand. *Agriculture and Natural Resources* 50: 211-219. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2016.02.002>.
- Lorenzo-Lacruz J, Vicente-Serrano SM, López-Moreno J, Beguería S, García-Ruiz JM, Cuadrat JM (2010) The impact of droughts and water management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain). *Journal of Hydrology* 386: 13-26. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.001>.
- McKee TB, Doesken, NJ, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. AMS, Boston, MA. pp: 179-184.
- Martínez-Sifuentes AR, Villanueva-Díaz J, Estrada-Ávalos J (2020). Runoff reconstruction and climatic influence with tree rings, in the Mayo river basin, Sonora, Mexico. *iForest* 13: 98-106. - doi: 10.3832/ifer3190-013
- Ortega, G. D. (2012). *Sequía en Nuevo León: vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación*. Apodaca, México: Instituto del Agua del Estado de Nuevo León.
- Quiring SM, Papakryiakou TN (2003) An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology* 118: 49-62. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00072-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00072-8).
- Palmer WC (1968) Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the Crop Moisture Index. *Weatherwise* 21: 156-161. <https://doi.org/10.1080/00431672.1968.9932814>.
- RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA
- Vicente-Serrano SM, Beguería S, Lópezmoreno JI (2010a) A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23: 1696-1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>.
- Vicente-Serrano SM, Van Der G, Beguería S, Azorin-Molina C, López-Moreno JL (2015) Contribution of precipitation and reference evapotranspiration to drought indices under different climates. *Journal of Hydrology* 426: 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.11.025>.



## **TELEDETECCIÓN MULTIESPECTRAL POR MEDIO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS: HERRAMIENTA PARA EL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ECOSISTEMAS RIPARIOS**

Karla L. Ruíz-Veliz<sup>1\*</sup>, Gabriel F. Cardoza-Martínez<sup>1</sup>, Miguel A. Garza-Martínez<sup>1</sup>,  
Josué R. Estrada-Arellano<sup>1</sup>, Fernando Alonzo-Rojo<sup>1</sup>, Ulises N. Gutiérrez-Guzmán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas. Campus Núcleo Universitario. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Universidad s/n Fracc. Filadelfia C.P. 35020, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Km 35 Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo s/n. Ejido Venecia Mpio de Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: Karla.ruizveliz25@hotmail

### **Introducción**

Las zonas riparias son un elemento clave para el manejo de cuencas, ya que conectan los ecosistemas terrestre y acuático, por lo que funcionan como corredores biológicos y reservorios de gran diversidad biológica, (Granados-Sánchez *et al.*, 2006). Estas zonas representan un papel de gran importancia en la integridad ecológica de los ecosistemas, ya que cumplen con diversas funciones, son un elemento amortiguador al absorber contaminantes, regulan la temperatura del agua y suelo, mantiene un porcentaje de humedad elevado, reduce la erosión del suelo, retiene sedimentos, funcionan como fuente de materia y energía, además favorece el mantenimiento de la calidad del agua de los ríos, inclusive son utilizados como sitios de recreación y esparcimiento para la población, entre otros servicios ecosistémicos.

La conservación y restauración ecológica actualmente son vistas como solución eficaz para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad, no basta con conservar y proteger áreas representativas, sino que se debe aprender a restaurar (Vargas, 2011). Actualmente, los VANT son una de las herramientas tecnológicas de mayor precisión y aplicación en la investigación en áreas como la fotogrametría aérea y de percepción remota (Escalante, 2020). En México, los estudios ecológicos sobre zona riparias son muy escasos y se han basado en métodos detallados que requieren de mucho tiempo para obtener resultados confiables, además no existe registro de trabajos realizados por medio de teledetección espacial con el nivel de precisión y resolución de una imagen multiespectral.

### **Materiales y Métodos**

Dron y cámara multiespectral

Existen sensores multiespectrales que por su tamaño facilitan su uso en vehículos aéreos no tripulados. Dichos sensores son diseñados para procesar parámetros relativos a la vegetación, por lo que las bandas regularmente se encuentran entre los rangos del verde, rojo e infrarrojo cercano, donde la vegetación muestra mayor respuesta de absorción y reflectancia (Díaz, 2015).

Para la obtención de las imágenes aéreas se utilizó un dron DJI Phantom 4 pro con adaptación de una cámara multiespectral Sequoia – Parrot, herramientas empleadas en la agricultura de precisión. Su sistema operativo se compone de dos elementos. La cámara multiespectral que analiza el terreno, y un sensor solar que calcula y registra, durante el vuelo, las condiciones del sol en las bandas espectrales del sensor multiespectral. Lo que permite que los datos sobre la luz solar confirmen los valores de los datos espectrales lo que facilita el auto calibrado. Además, posee una cámara RGB de 16 megapíxeles (Sequoia-Parrot, 2017). El sensor multiespectral, se posiciona frente a la vegetación y capta la luz que refleja la vegetación en cuatro espectros diferentes: (Sequoia-Parrot, 2017).

Tabla 1. Bandas captadas por el sensor multiespectral de la cámara Sequoia Parrot

Bandas	Longitud de onda	Ancho de onda
Verde	550 nm	40 nm
Rojo	600 nm	40 nm
Borde de rojo	735 nm	10 nm
Infrarrojo cercano	790 nm	40 nm

El sensor solar fue posicionado encima del dron (tamaño de 350mm sin contar hélices, peso de 1830 g, velocidad máxima de 72 km/h, altura máxima sobre el nivel del mar de 6000 m, resistencia al viento de 10 m/s, con un tiempo de vuelo estimado de 28 minutos aproximadamente y un rango de funcionamiento de temperatura de 0°C a 40°C.) y captura la intensidad de la luz que irradia el sol en las cuatro bandas. Esta cámara está diseñada para adaptarse a cualquier tipo de aeronave no tripulado, tanto de ala fija como multi-rotor. Los datos obtenidos se transfieren por medio de conexión WiFi y USB. El dron posee su propio GPS, lo que logra mayor precisión en la captura de imágenes (DJI- Phantom 4, 2016).

#### Planificación de vuelos y adquisición de imágenes

Al momento de la realización de un vuelo, es necesario asegurar de que el operador o piloto del dron conoce los requisitos de la planificación de cada misión, adaptándose a las características de cada sensor y de la finalidad del trabajo (solapes, alturas, configuración de la cámara, etcétera) de igual manera buscar que los vuelos se realicen en las mejores condiciones (ventana temporal, condiciones de iluminación, condiciones de viento) (DJI- Phantom 4, 2016). Se realizó una campaña durante el mes de agosto en el año 2020, con el fin de obtener imágenes de la vegetación riparia, del ecosistema ribereño en el municipio de Juárez, Coahuila.

Se diseñó la ruta de vuelo para cubrir uno de los sitios clave de la zona ribereña. El plan de vuelo preprogramado se diseñó en la aplicación del software Pix4D capture para la toma de imágenes del área destinada. Una campaña de imágenes consiste en vuelos de aproximadamente 15 minutos cada uno, contemplando la carga útil de las baterías y de acuerdo con las condiciones climáticas que afectan el tiempo de vuelo.

#### Calibración radiométrica

El objetivo de calibración radiométrica también llamado panel de reflectancia calibrado, es una tarjeta de blancos que ofrece las cualidades de reflectancia a través del espectro de luz capturada por el sensor de la cámara (Pix4D, 2020). El objetivo de calibración toma en cuenta condiciones de iluminación, fecha, hora y ubicación por lo que permite obtener valores de reflectancia absolutos y hacer posible las comparaciones, mapas e índices, con estas correcciones se minimizan los errores que influyen en la radiación o en el valor radiométrico de cada elemento captado en la escena (Cabrera *et. al*, 2011).

La calibración radiométrica se lleva a cabo por conexión vía wifi de la cámara multiespectral hacia un dispositivo móvil, antes y después del vuelo, para este proceso el target no debe ser afectado por la sombra o reflejo de objetos circundante, debe estar en posición al norte y sobre una superficie totalmente plana, el sensor de la cámara debe tener una inclinación de 90° y encontrarse a un metro de altura del target, es importante verificar que el GPS tome de forma correcta la información de tiempo y ubicación para el proceso de calibración. Se recomienda hacer varias capturas con el fin de asegurar por lo menos una imagen de calibración válida (Pix4D, 2020).

#### *Procesamiento y generación del orto mosaico multiespectral*

Las imágenes capturadas del VANT se utilizarán para el análisis de su eficacia al generar imágenes de ortomosaico, para el monitoreo de la vegetación riparia. Para el procesamiento de datos, se inicia con la depuración de imágenes que no sean parte del plan de vuelo, es decir, las imágenes de despegue, aterrizaje y recorrido al punto de inicio y fin. Al finalizar la depuración, se separaron las imágenes RGB, esto porque no son necesarias para el ortomosaico multiespectral, pero si para un visual, llevado a cabo esto, se trabajó con el programa Agisoft en su versión 1.7, software que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales en 3D para su uso en aplicaciones SIG, así como para mediciones indirectas de objetos de diversas escalas. Agisoft 1.7 es un software que combina las imágenes tomadas por vehículos aéreos no tripulados u otro tipo de aeronave y las convierte en mapas 2D o 3D. Se pueden obtener mapas de índices o mapas de reflectancia de las bandas.

Dentro del software se inicia un proyecto nuevo, donde se importa la carpeta con la información depurada incluyendo las imágenes que se capturaron para la calibración radiométrica, se lleva a cabo la calibración de las cámaras y de la reflectancia solar, en seguida se alinean las imágenes, al finalizar se adjuntan los puntos de control a partir de un archivo de texto que contenga el punto de control, longitud, latitud y altura; se ubican y marcan 5 imágenes por cada punto de control para optimizar las cámaras, a partir de este punto se comienza la construcción del ortomosaico multiespectral, se inicia con la construcción de la nube densa de puntos, en seguida la malla, el modelo digital de elevación y finalmente el ortomosaico, al finalizar el proceso, con la calculadora del programa, se ingresa la fórmula del índice espectral.

Agisoft tiene la opción de procesar diferentes índices espectrales, esto depende de la fórmula de combinación de bandas que se ingrese a la calculadora; en este caso en particular se trabajó con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés. Al solicitar este análisis al programa, no solo genera un ortomosaico nuevo, sino que se arroja una gráfica con la interpretación de la información de los resultados, (Agisoft, 2020).

## Resultados y Discusión

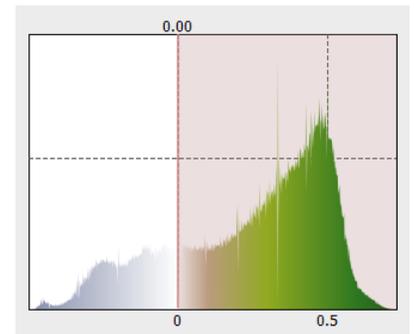
Mediante el uso de teledetección multiespectral fue posible monitorear la vegetación riparia de un ecosistema de ribera en el río Sabinas, Coahuila. Lo que permitió comprobar que es una técnica factible y eficaz para el monitoreo de vegetación, no solo del ámbito agropecuario cómo ha sido utilizado durante los últimos años, si no de estudios ecológicos también. El rango de valores espectrales se encuentra entre el 0 y el 1, como resultado de estos rangos de valores, el NDVI varía su valor entre -1 y 1. Valores por encima del 0.1 indican presencia de vegetación y cuanto más alto sea este índice, las condiciones de vigor y salud son mejores. En este caso, los valores de NDVI indican 0.5, por lo que se infiere que la vegetación se encuentra en buen estado y en proceso de recuperación. Además, la zona está representada por un conjunto multitemporal de ortoimagen con la resolución de 3 a 6 cm por píxel según la altitud de vuelo.



Figura 1. Ortomosaico construido por imágenes RGB, de la vegetación riparia del Río Sabinas.



**Figura 2.** Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) de la vegetación riparia del río Sabinas, Coahuila.



**Figura 3.** Gráfica de resultados de NDVI.

## Conclusiones

Cuando un ecosistema se encuentra en condiciones de fragmentación se pueden implementar acciones eficientes de restauración, conservación y protección de los ecosistemas, es necesario generar información vía remota innovando en nuevas técnicas. Mediante el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica y la teledetección, fue posible monitorear de manera remota la cobertura vegetal en tiempo real durante un proceso de restauración ecológica, con ello identificar áreas de oportunidad con el fin de mejorar las técnicas y realizar a futuro un monitoreo completo de dicha área para evaluar el proyecto de restauración y haciendo posible la aplicación de la teledetección multispectral con vehículos aéreos no tripulados en estudios ecológicos.

## Literatura Citada

- Agisoft Metashape. (Dakota del Norte). Recuperado en septiembre del 2020 del sitio web Agisoft.com: <https://www.agisoft.com/>
- Cabrera E., Vargas D. M., Galindo G. García, M.C., Ordoñez, M.F. 2011. Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia, Nivel Subnacional Escala Grues y fina. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 44 p.
- Díaz García-Cervigón Juan José. 2015. Estudios de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Tesis de grado no publicada. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia. Madrid, España.
- DJI-Phantom 4. (S/f). Recuperado en marzo de 2020, de Djicdn.com sitio web: [https://dl.djicdn.com/downloads/phantom\\_4\\_pro/20170719/Phantom\\_4\\_Pro\\_Pro\\_Plus\\_User\\_Manual\\_ES.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_pro/20170719/Phantom_4_Pro_Pro_Plus_User_Manual_ES.pdf)

- Escalante-Torrado J.O., J.J. Cáceres-Jiménez, H. Porras-Días. 2020. Ortomosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia, Tecnura, vol. 20, núm. 50.
- Granados-Sánchez D., M.A. Hernández García y G.F. López-Ríos. 2006. Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(1): 55-69.
- Mahlein Anne-Katrin. 2016. "Plant Disease Detection by Imaging Sensors - Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping". Institute for Crop and Resource Conservation (INRES)-Phytomedicines, University of Bonn, Germany.
- Soporte - Parrot Sequoia. (s / f). Recuperado en marzo de 2020, sitio web de Parrot.com: <https://support.parrot.com/global/support/products/parrot-sequoia>
- Vargas Ríos, Orlando. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Bogotá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, vol. 16, núm. 2, 2011, pp. 221-246.

## ALTERACIÓN DE LAS COMUNIDADES BACTERIANAS DEL SUELO DESPUÉS DE UN INCENDIO FORESTAL EN LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ, MÉXICO

Nava-Reyna, Erika<sup>1\*</sup>, Ortega-Esparza, Cinthya Judith<sup>2</sup>, Constante-García, Vicenta<sup>1</sup>,  
García-de la Peña, Cristina<sup>3</sup>, Vázquez-Arroyo, Jesús<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA. Canal del Sacramento km. 6.5, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México. <sup>2</sup>FCQ-UJED. Artículo 123 s/n, Col. Filadelfia, C.P. 35015, Gómez Palacio, Dgo., <sup>3</sup>FCB-UJED, Av. Universidad s/n, Col. Filadelfia, CP. 35010, Gómez Palacio, Durango. \*Autor de correspondencia: nava.erika@inifap.gob.mx

### Introducción

El fuego es un elemento natural que influye en el mantenimiento, función y evolución de los ecosistemas. Así, los incendios forestales son un factor de disturbio que impacta de distintas maneras a los bosques en función de su frecuencia y su severidad, entendida esta última como el grado de cambio en el suelo y la pérdida de vegetación y materia orgánica causados por el fuego. Por otro lado, la diversidad microbiana presente en los ecosistemas es un componente muy importante y un factor determinante del equilibrio biológico. La alteración sufrida en un ecosistema repercute en diferentes escalas y en los parámetros fisicoquímicos y biológicos. Por lo tanto, los incendios forestales pueden tener efectos significativos en las propiedades físicoquímicas y biológicas del suelo, dependiendo de la gravedad del fuego y del tipo de suelo. Muchas bacterias del suelo producen estructuras resistentes capaces de tolerar la desecación y disminuir los aumentos de temperatura de hasta 50-60 °C. La quema induce la mineralización de sustancias orgánicas, causando un pulso de nutrientes que conlleva un aumento temporal de los recursos para la microbiota del suelo. La liberación de cationes a la solución del suelo puede aumentar el pH del suelo, un parámetro que influye fuertemente en la estructura de la comunidad microbiana (Goberna et al., 2012). Varios estudios recientes han mostrado disminuciones en la biomasa microbiana total del suelo en el horizonte mineral después de un incendio, mientras que otros informaron aumentos en la biomasa microbiana después del incendio o ninguna diferencia significativa en la biomasa microbiana entre los suelos no quemados y quemados (Mikita-Barbato et al., 2015). A pesar de su ubicuidad en los ecosistemas terrestres y su importancia en el funcionamiento ecológico, la diversidad y los patrones de distribución de los microorganismos sobre el suelo son poco conocidos, contrario al caso de las plantas y los animales. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto a corto plazo de un incendio forestal sobre las comunidades bacterianas del suelo y las características fisicoquímicas.

### Materiales y Métodos

*Descripción del sitio de estudio y muestreo.* Las muestras obtenidas para este estudio se tomaron en la parte alta de la Sierra de Zapalinamé en el municipio de Saltillo, Coahuila (25°34'49.5" N, 100°96'36.8"W) un mes después del siniestro. El incendio sucedió el mes de abril del 2018 en el Cañón de San Lorenzo al sureste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, que forma parte de la Sierra de Zapalinamé.

El incendio afectó más de 450 ha de matorral, pastizal y arbolado adulto. Se seleccionaron dos regiones representativas de la vegetación en la parte alta de la Sierra: una zona siniestrada y un sitio no afectados con características de vegetación, climáticas y topográficas similares a una distancia no mayor de 15 km. Dentro de cada unidad de registro se tomaron aleatoriamente al azar 3 submuestras de suelo de 0–10 cm. Para el muestreo de suelo rizosférico para análisis de las comunidades bacterianas, se tomaron 3 muestras que se depositaron en microtubos de 2 ml para lisis BashingBead™ con 750 ul de buffer lisante/estabilizador Xpedition™ Zymo Research™ e inmediatamente agitadas en un disruptor celular (TerraLyzer™).

*Estudio de las comunidades bacterianas del suelo.* El DNA de las muestras se extrajo utilizando el kit DNA Zymobiomics MiniPrep de Zymo Research™ de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se llevó a cabo la amplificación de las regiones V3 y V4 del gen 16S rRNA empleando los primers sugeridos por Klindworth *et al.* (2013). Estas secuencias se mandaron sintetizar con los adaptadores “overhang” del protocolo de Illumina (Illumina, 2017). Posteriormente, los amplicones se etiquetaron utilizando el Nextera XT Index Kit™ para la creación de las bibliotecas, siguiendo el protocolo de Illumina (Illumina, 2019). Finalmente, se realizó la cuantificación, normalización (equimolaridad), la agrupación de las bibliotecas y la secuenciación masiva de siguiente generación (MiSeq Illumina® de 2 × 250 lecturas de final pareado) siguiendo el protocolo para metagenómica 16S (Illumina, 2017).

*Análisis estadístico.* Las secuencias de ADN fueron analizadas utilizando el software bioinformático Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME) v.1.9.0 (Caporaso *et al.*, 2010) siguiendo la metodología descrita por García-De la Peña *et al.* (2019). Se generaron tablas de abundancia relativa de OTUs a nivel de phylum y género con el comando summarize taxa que luego se graficaron en R Studio. Sólo los Taxa a nivel de género con mayor abundancia al 1% se graficaron. Finalmente, se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC) para observar asociaciones entre los 10 phyla más abundantes y las variables del suelo analizadas mediante el software PAST.

## Resultados y Discusión

*Estudio de las comunidades bacterianas del suelo.* El número promedio de secuencias ensambladas en las muestras de suelo fueron 66,941 para suelo no incendiado (T1, T2 y T3) y 60,855 para suelo incendiado (F1, F2, F3) (Tabla 1). Después de la asignación taxonómica y la eliminación de singletons, se obtuvo un promedio de 39,596 para las muestras de suelo no incendiado y 41,857 para suelo incendiado. El promedio de OTUs fue de 3,660 y 3,533 respectivamente. Para las curvas de rarefacción se observó que se alcanzaron asíntotas cercanas a las 7,500 secuencias. La muestra T3 fue descartada para los análisis de diversidad alfa y beta.

Tabla 1. Secuencias de muestras de suelo de la sierra de Zapalinamé, Incendiado (F) y no incendiado (T). Las abreviaturas utilizadas representan QE = quimeras eliminadas, SC = secuencias de calidad después de la eliminación de quimeras, SB = secuencias bacterianas de la asignación taxonómica, SBSS = secuencias bacterianas después de la eliminación de singletons, OTUs = Número de OTUs bacterianos después de la eliminación de singletons.

Muestra	Totales	Ensambladas	Desechadas	QE	SC	SB	SBSS	OTUs
T1	150,259	61,356	88,903	4,095	57,261	53,239	39,985	4,120
T2	179,539	100,128	79,411	3,769	96,359	91,365	72,438	5,253
T3	84,427	39,338	45,088	23,088	16,250	12,688	6,364	1,606
F1	117,086	44,403	72,683	5,769	38,634	36,396	28,154	3,277
F2	159,921	59,355	100,566	8,631	50,724	47,838	38,464	3,600
F3	187,007	78,898	108,109	4,545	74,353	71,131	58,954	3,721
Media	146,373	63,913	82,460	8,316	55,597	52,110	40,727	3,596

Se identificaron organismos pertenecientes a 22 filos, 58 clases, 100 órdenes, 216 familias y 612 géneros bacterianos para todas las muestras de suelo incendiado y no incendiado.

Se registraron 20 phylum bacterianos en el suelo incendiado y 21 en las muestras de suelo no incendiado (Figura 2a). Proteobacteria fue el phylum más abundante en el suelo no incendiado, con un promedio de 48%, mientras que en el suelo incendiado Actinobacteria fue el phylum dominante, con un promedio de 39%. Actinobacteria fue el segundo filo más abundante el suelo no incendiado (21%) mientras que en suelo incendiado fue Proteobacteria (36%) (Figura 1a). Según el análisis de similitud porcentual (SIMPER), ambas poblaciones no difirieron en abundancia relativa de manera significativa (Tabla 1).

Estudios sugieren un incremento de las bacterias relacionadas con la incorporación de nitrógeno (por la fijación de nitrógeno y la utilización de alantoína), encontrándose los el phylum Actinobacteria en mayor proporción (Prendergast-Miller et al., 2017), resultado que coincide con lo encontrado en este trabajo. El incremento de phylum como Actinobacteria en pruebas de incubación de suelos post-incendio durante 6 meses de incubación con biocarbono derivado de pastos y robles, sugiere la importancia de estos microorganismos en los procesos de degradación de C pirogénico (Khodadad et al., 2011). Además, se ha reportado una mayor abundancia del phyla Proteobacteria en suelos de bosques no incendiados. El phylum proteobacteria tiene estrategias copiotróficas con una respuesta muy rápida a alta humedad y disponibilidad de nutrientes (Fierer et al., 2007), mientras que las Actinobacteria son y proliferan en periodos secos (Lacerda-Júnior et al., 2019).

La mayoría de los organismos oligotróficos habitan en ambientes con baja disponibilidad de nutrientes y grandes cantidades de materia orgánica recalcitrante, mientras que los copiotróficos proliferan más bajo alta disponibilidad de nutrientes y son capaces de consumir carbono orgánico lábil (Cabrera-Rodríguez et al., 2020). La predominancia del phylum Actinobacteria ha sido reportada en después de incendios forestales por varios autores (Fernández-González et al., 2017; Weber et al., 2014), lo que pudiera relacionarse con su capacidad de soportar altas temperaturas y proliferar en suelos quemados parcialmente estériles por la formación de esporas, así como la capacidad de adaptarse a condiciones oligotróficas de algunos géneros específicos (Fernández-González et al., 2017).

Se registraron 537 géneros bacterianos en las muestras de suelo no incendiado y 536 géneros en las muestras de suelo incendiado (Figura 1b). El género *Sphingomonas* fue el más abundante en las muestras de suelo no incendiado, con un promedio del 11%, mientras que, para las muestras de suelo incendiado, el género más abundante fue *Mycobacterium*, con un promedio del 12%. Las bacterias del género *Sphingomonas* tienen diversas funciones ecológicas en el suelo, incluyendo su capacidad para degradar compuestos organometálicos, la producción de fitormonas benéficas como esfingana y goma gelana y la promoción del crecimiento de las plantas bajo condiciones de estrés (Asaf et al., 2020).

Este género fue también el segundo más abundante en la zona incendiada, con una abundancia promedio del 8% (Figura 1b). Sus características para la promoción del crecimiento y la resistencia a condiciones estresantes, juegan un papel importante en la recuperación de ecosistemas vulnerables, como la sucesión después de un incendio forestal, produciendo metabolitos benéficos como fitohormonas y enzimas extracelulares que mejoran la captación de agua y minerales, protegen contra patógenos y participan en la fijación de nitrógeno (Khan et al., 2017). Por su parte, *Mycobacterium* ha sido reportada como uno de los géneros más abundantes tanto en suelos incendiados como no incendiados, al igual que en el presente trabajo (Mikita-Barbato et al., 2015). Además, estas bacterias son capaces de degradar compuestos aromáticos complejos, los cuales pueden estar presentes en el tipo de vegetación característica de la zona de muestreo, así como el biocarbono resultado de la pirólisis de la materia orgánica durante el incendio (Reith et al., 2002). De acuerdo al análisis SIMPER, no hubo diferencia significativa entre la abundancia relativa de ambas muestras (Tabla 1).

El índice de diversidad de Shannon para las muestras de suelo incendiado fue de  $8.46 \pm 0.61$ , en comparación con  $9.20 \pm 0.04$  de las muestras de suelo no incendiado. El índice de diversidad de Simpson para las muestras de suelo incendiado fue de  $0.98 \pm 0.01$ , en comparación con  $0.99 \pm 0.0004$  de las muestras de suelo no incendiado. No hubo diferencias significativas entre las poblaciones en los índices de diversidad alfa (Shannon:  $P = 0.4$ ; Simpson:  $P = 0.601$ ), tampoco hubo diferencias significativas entre las poblaciones en los índices de diversidad beta (PERMANOVA: pseudo- $F = 0.9404$ ,  $P = 0.6$ ). Ferrenberg et al. (2013), reportaron una disminución de la diversidad alfa después de 4 y 16 semanas de un incendio en un bosque en Colorado, EUA. De igual forma, los autores encontraron un incremento en la diversidad beta derivada del incendio. No obstante, este comportamiento ampliamente reportado no se observó en el presente estudio, al igual que en el de Comer y Perkins, (2021), lo que sugiere que el incendio no afectó negativamente la diversidad microbiana del suelo, pero los efectos específicos sobre la biomasa microbiana del suelo y la composición del grupo funcional del suelo dependen del contexto y pueden ser diferentes según las comunidades de vegetación. Además, la no significancia en los índices de diversidad de las comunidades bacterianas del suelo luego del incendio pudiera reflejar la resiliencia de éstas contra eventos adversos (Doerr et al., 2005).

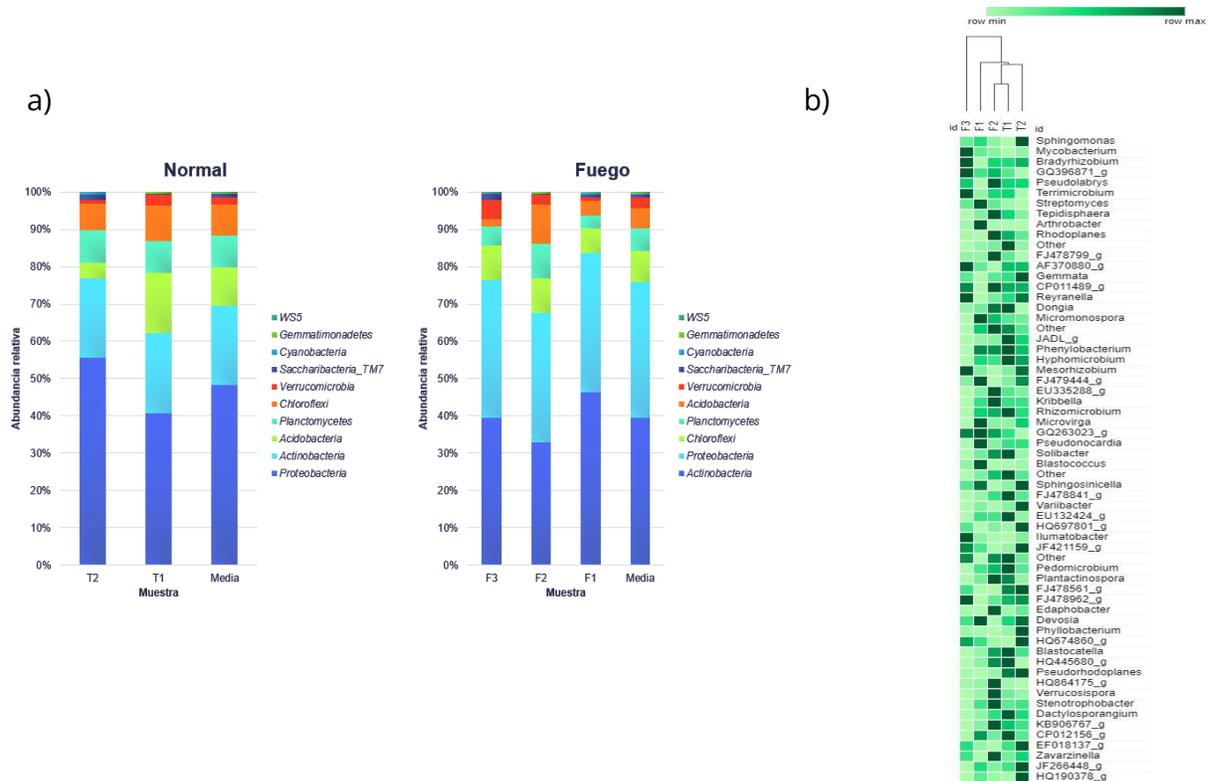


Figura 2. Principales taxones en los suelos incendiado (F) y no incendiado (T) en la sierra de Zapalinamé, Coahuila: a) Abundancia relativa (%) a nivel de phylum; b) Mapa de calor de los principales géneros.

## Conclusiones

El incendio forestal ocurrido en la Sierra de Zapalinamé en abril de 2018 causó cambios a corto plazo en las comunidades bacterianas del suelo, más no en su diversidad, probablemente relacionadas con distintos parámetros fisicoquímicos afectados. No obstante, es necesario monitorizar la variación de la microbiota a largo plazo para comprender el proceso de recolonización bacteriano después del incendio.

## Literatura Citada

- Asaf, S., Numan, M., Khan, A. L., & Al-Harrasi, A. (2020). Spingomonas: from diversity and genomics to functional role in environmental remediation and plant growth. In *Critical Reviews in Biotechnology* (Vol. 40, Issue 2, pp. 138–152). Taylor and Francis Ltd.
- Cabrera-Rodríguez, A., Trejo-Calzada, R., la Peña, C. G. De, Arreola-Ávila, J. G., Nava-Reyna, E., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., & Meza-Herrera, C. A. (2020). A metagenomic approach in the evaluation of the soil microbiome in coffee plantations under organic and conventional production in tropical agroecosystems. *Emir. J. Food Agric.*, 32(4), 263–270.
- Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., Fierer, N., Peña, A. G., Goodrich, J. K., Gordon, J. I., Huttley, G. A., Kelley, S. T., Knights, D., Koenig, J. E., Ley, R. E., Lozupone, C. A., McDonald, D., Muegge, B. D., Pirrung, M., ... Knight, R. (2010). QIIME

- allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods*, 7(5), 335–336. <https://doi.org/10.1038/nmeth.f.303>
- Comer, J., & Perkins, L. (2021). Resistance of the soil microbial community to land-surface disturbances of high-intensity winter grazing and wildfire. *J. Environ. Manage.*, 279, 111596. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111596>
- Doerr, S. H., Cerdà, A., Doerr, S. H., & Cerdà, A. (2005). Fire effects on soil system functioning: new insights and future challenges. *Int. J. Wildland Fire*, 14(4), 339–342.
- Fernández-González, A. J., Martínez-Hidalgo, P., Cobo-Díaz, J. F., Villadas, P. J., Martínez-Molina, E., Toro, N., Tringe, S. G., & Fernández-López, M. (2017). The rhizosphere microbiome of burned holm-oak: potential role of the genus *Arthrobacter* in the recovery of burned soils. *Scientific Reports* 2017 7:1, 7(1), 1–12.
- Ferrenberg, S., O'Neill, S. P., Knelman, J. E., Todd, B., Duggan, S., Bradley, D., Robinson, T., Schmidt, S. K., Townsend, A. R., Williams, M. W., Cleveland, C. C., Melbourne, B. A., Jiang, L., & Nemergut, D. R. (2013). Changes in assembly processes in soil bacterial communities following a wildfire disturbance. *ISME J.*, 7(6), 1102–1111.
- Fierer, N., Bradford, M. A., & Jackson, R. B. (2007). Toward an ecological classification of soil bacteria. *Ecology*, 88(6), 1354–1364. <https://doi.org/10.1890/05-1839>
- García-De la Peña, C., Garduño-Niño, E., Vaca-Paniagua, F., Díaz-Velásquez, C., Barrows, C. W., Gomez-Gil, B., & Valenzuela-Núñez, L. M. (2019). Comparison of the fecal bacterial microbiota composition between wild and captive bolson tortoises (*Gopherus flavomarginatus*). *Herpetol. Conserv. Biol.*, 14(3), 587–600.
- Goberna, M., García, C., Insam, H., Hernández, M. T., & Verdú, M. (2012). Burning Fire-Prone Mediterranean Shrublands: Immediate Changes in Soil Microbial Community Structure and Ecosystem Functions. *Microb. Ecol.*, 64(1), 242–255.
- Illumina. (2017). 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation.
- Illumina. (2019). Nextera XT DNA Library Prep Kit Reference Guide (15031942). [www.illumina.com/company/legal.html](http://www.illumina.com/company/legal.html).
- Khan, A. L., Waqas, M., Asaf, S., Kamran, M., Shahzad, R., Bilal, S., Khan, M. A., Kang, S. M., Kim, Y. H., Yun, B. W., Al-Rawahi, A., Al-Harrasi, A., & Lee, I. J. (2017). Plant growth-promoting endophyte *Sphingomonas* sp. LK11 alleviates salinity stress in *Solanum pimpinellifolium*. *Environ. Exp. Bot.*, 133, 58–69.
- Khodadad, C. L. M., Zimmerman, A. R., Green, S. J., Uthandi, S., & Foster, J. S. (2011). Taxa-specific changes in soil microbial community composition induced by pyrogenic carbon amendments. *Soil Biol. Biochem.*, 43(2), 385–392.
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M., & Glöckner, F. O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res.*, 41(1), e1.
- Lacerda-Júnior, G. V., Noronha, M. F., Cabral, L., Delforno, T. P., de Sousa, S. T. P., Fernandes-Júnior, P. I., Melo, I. S., & Oliveira, V. M. (2019). Land Use and Seasonal Effects on the Soil Microbiome of a Brazilian Dry Forest. *Front. Microbi.*, 0(APR), 648.
- Mikita-Barbato, R. A., Kelly, J. J., & Tate, R. L. (2015). Wildfire effects on the properties and microbial community structure of organic horizon soils in the New Jersey Pinelands. *Soil Biol. Biochem.*, 86, 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.03.021>
- Prendergast-Miller, M. T., de Menezes, A. B., Macdonald, L. M., Toscas, P., Bissett, A., Baker, G., Farrell, M., Richardson, A. E., Wark, T., & Thrall, P. H. (2017). Wildfire impact: Natural experiment reveals differential short-term changes in soil microbial communities. *Soil Biol. Biochem.*, 109, 1–13.

- Reith, F., Drake, H. L., & Küsel, K. (2002). Anaerobic activities of bacteria and fungi in moderately acidic conifer and deciduous leaf litter. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 41(1), 27–35.  
[https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(02\)00236-2](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(02)00236-2)
- Weber, C. F., Lockhart, J. S., Charaska, E., Aho, K., & Lohse, K. A. (2014). Bacterial composition of soils in ponderosa pine and mixed conifer forests exposed to different wildfire burn severity. *Soil Biol. Biochem.*, 69, 242–250.



**XVII** CONGRESO NACIONAL **V** CONGRESO INTERNACIONAL  
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  
Tel. 872 776 0160 | 872 776 0190  
Email: rebiza@chapingo.uruza.edu.mx



**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**KANSAS STATE  
UNIVERSITY**

Oregon State  
UNIVERSITY

**OSU**

**GBMc**  
& ASSOCIATES