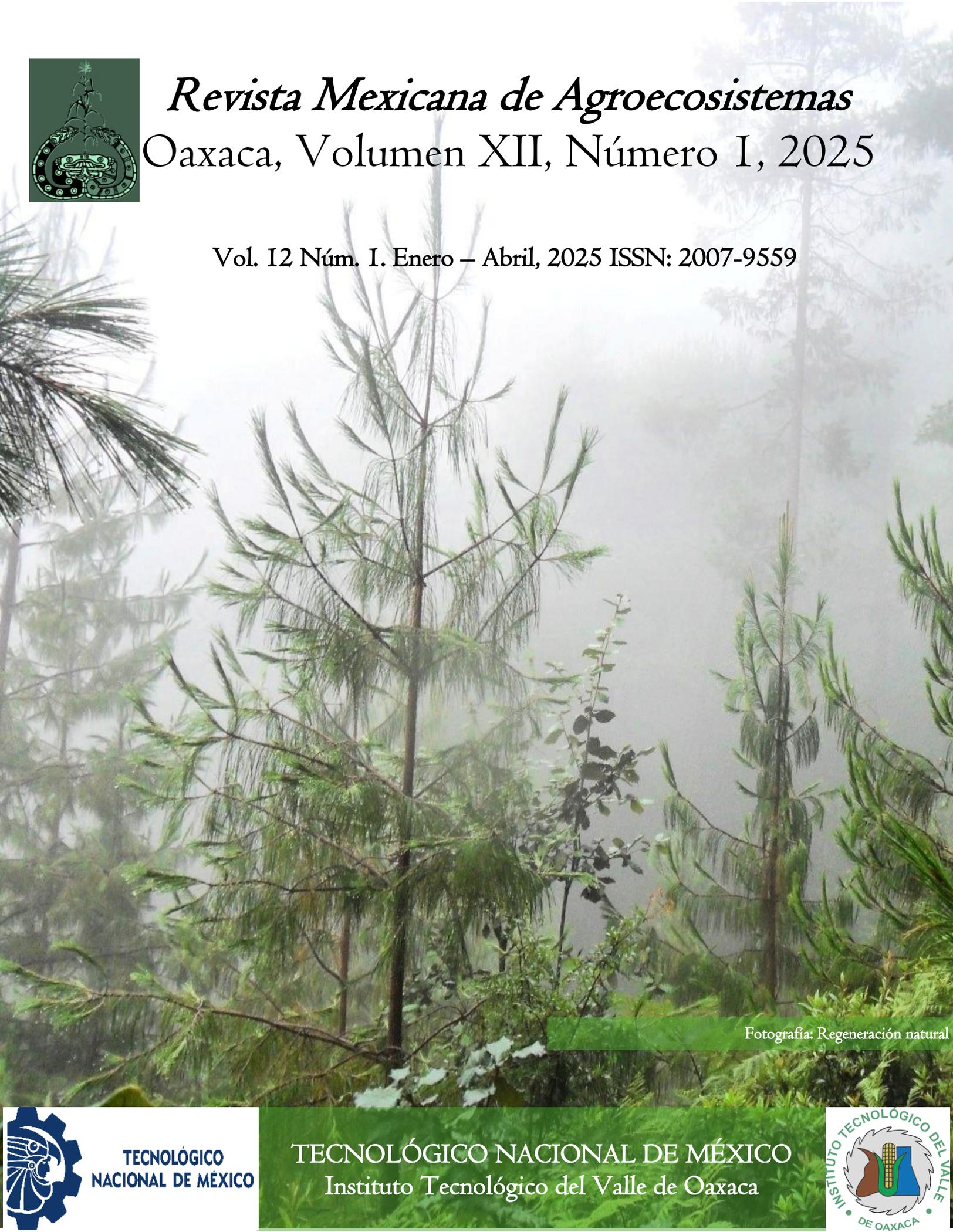




Revista Mexicana de Agroecosistemas

Oaxaca, Volumen XII, Número I, 2025

Vol. 12 Núm. I. Enero – Abril, 2025 ISSN: 2007-9559



Fotografía: Regeneración natural



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca





REVISTA MEXICANA DE AGROECOSISTEMAS, Vol. 12(1), 2025 es un órgano de difusión científica que se publica semestralmente desde 2014 y a partir de 2025 de manera cuatrimestral por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; publica resultados de investigaciones científicas originales e inéditas, con enfoque hacia la productividad agrícola, pecuaria, forestal, servicios ecosistémicos y de aprovechamiento y conservación de recursos naturales; también del área social ligada a ese enfoque. La revista está incluida en el listado del *Open Journal System* (*OJS*), que incluye *DOI* por artículo (Cross Ref) y en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (*latindex*).

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2023-041117195200-102 e ISSN 2007-9559, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor y vigentes al 2025.

Responsable de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación: Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz, MC. Arely Concepción Ramírez Aragón. Domicilio conocido, Ex hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, C.P. 71233, Tel y Fax. 01 (951) 5170788, <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>, rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com. Fecha de última modificación, 30 de abril de 2025.

Para su publicación, los artículos son sometidos a arbitraje, su contenido es de la exclusiva responsabilidad de los autores y no representa necesariamente el punto de vista de la Institución; las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del equipo editorial.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

Este número presenta como “**artículo científico**” un estudio sobre la afectación por incendios en bosques y la capacidad de regeneración natural en cubierta vegetal de pinos del estado de Durango; “**nota técnica**” temas acerca del uso de la canela como extracto vegetal para repeler insectos en cítricos; además de una investigación realizada en sincronización del estro y complementación nutricional de ovejas criollas chocoltecas. El “**artículo de revisión (review)**” presenta una investigación detallada de las implicaciones físicas, químicas y biológicas en suelos del manejo agrícola orgánico y convencional. Como “**artículo de difusión**”, se abordan sucesos históricos del nogal en un municipio de Oaxaca. Esta contribución tiene asignado el DOI: <https://doi.org/10.60158/rma.v12i1>



Comité Editorial (DEPI-ITVO)

Dr. Aarón Martínez Gutiérrez

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo

Dr. Gerardo Rodríguez-Ortiz

Dr. José Cruz Carrillo Rodríguez

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle

Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco

Dr. Yuri Villegas Aparicio

Dra. Gisela Margarita Santiago Martínez

Dra. Gisela Virginia Campos Angeles

Dra. Martha Patricia Jerez Salas

Dr. Salvador Lozano Trejo

Dr. Gustavo Omar Díaz Zorrilla

Dra. María Isabel Pérez León

M.C. Judith Ruiz Luna

Coordinación editorial

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz

Diseño de portada y administración de página Web

MC. Arely Concepción Ramírez Aragón



Árbitros de este número

Dr. Daniel Martínez Santiago (Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande, Oaxaca).

Dr. Wenceslao Santiago García (Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca).

Dr. Armando Ordaz Hernández (Universidad de la Cañada, Teotitlán, Oaxaca).

Dr. Arturo Ángel Hernández (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,
Veracruz).

Dr. Eric Guillermo Echeverría Pérez (Instituto Tecnológico del Valle de Etla, Oaxaca).

Dr. Jasiel Valdivia Sánchez (Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz).

Dr. José Luis Hernández Morales (Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca).

Dr. Julio Porfirio Ramón Ugalde (Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán).

Dra. Juana Yolanda López Cruz (Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral
Regional, Unidad Oaxaca).

Dra. Alida Corey Arango Cruz (Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca).



Política de revisión de manuscritos

Todos los manuscritos se reciben en español e inglés y se someten mediante la plataforma *OJS* de la revista (<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>) con **carta de originalidad** firmada por el autor de correspondencia. Deben ser originales e inéditos, de alta calidad, acordes con las normas editoriales de RMAE y que no se hayan publicado o se vayan a publicar en otra revista.

Las contribuciones pasan a revisión del editor y estilo para el cumplimiento de las normas editoriales; se verifica nivel de plagio mediante Turnitin®, el cual no debe ser mayor a 20 % de coincidencias.

Todas las contribuciones se envían a arbitraje de “pares ciegos” de al menos dos especialistas del área de reconocido prestigio académico y de instituciones diferentes a la de los autores. Los árbitros revisan el documento en formato Word y hacen llenado del “formato de evaluación” (formato pdf), los cuales remiten al Comité Editorial. Cuando el manuscrito es aprobado por los árbitros y editor de RMAE, se envían al autor de correspondencia archivos Word revisados y formatos de evaluación, para que los autores realicen las correcciones pertinentes. El documento corregido por autores se remite al Comité Editorial, el cual extiende “carta de aceptación del manuscrito”.

Previo a la publicación, la RMAE envía al autor de correspondencia y en formato pdf, la “prueba de galeras” y la “carta cesión de derechos”, que debe ser revisada por si existen cambios menores.

ATENTAMENTE

Comité editorial



	Contenido	Pág.
	Artículo científico	
I	REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREAS IMPACTADAS POR INCENDIOS EN EL PREDIO LAS BAYAS, DURANGO / NATURAL REGENERATION IN FIRE-IMPACTED AREAS IN LAS BAYAS, DURANGO	
	¹ Arnulfo Meléndez Soto  , ^{1§} Héctor Manuel Loera Gallegos  , ² Jorge Armando Chávez Simental  , ¹ Pedro Antonio Domínguez Calleros  , ¹ Jaime Briseño Reyes  , ¹ Manuel Antonio Díaz Vásquez 	I - 15
	Nota técnica	
2	BIOENSAYO EXPLORATORIO DE UN EXTRACTO BOTÁNICO SOBRE <i>Diaphorina citri</i> Kuwayana (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EN CAMPECHE, MÉXICO / EXPLORATORY BIOASSAY OF A BOTANICAL EXTRACT ON <i>Diaphorina citri</i> Kuwayana (HEMIPTERA: LIVIIDAE) IN CAMPECHE, MEXICO	
	Noel Antonio González-Valdivia  , Enrique Arcocha-Gómez  , Loreti Guadalupe Pech-May  , Bernardino Candelaria-Martínez  , Alicia Eugenia Puertovannetti-Arroyo  , [§] Josue Israel Dzib-Chan  , Diego Armando May-Ayil  , Ofelia Guadalupe Angulo Balán 	16 - 23
3	SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO Y COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA CON BLOQUES NUTRICIONALES EN OVEJAS CRIOLLAS CHOCHOLTECAS / ESTRUS SYNCHRONIZATION AND DIETARY SUPPLEMENTATION WITH NUTRITIONAL BLOCKS IN CREOLE CHOCHOLTECA EWES	
	¹ Eloina Díaz-Carbajal  , ^{§1} Teodulo Salinas-Ríos  , ² Rafael Nieto-Aquino  , ¹ Jorge Hernández-Bautista  , ¹ Héctor Maximino Rodríguez-Magadán  , ³ Honorio Torres Aguilar  , ¹ Magaly Aquino-Cleto 	24 - 31



Artículo de revisión

- 4 IMPLICACIONES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN EL SUELO
DERIVADAS DEL MANEJO AGRÍCOLA CONVENCIONAL Y
ORGÁNICO / PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL
IMPLICATIONS IN THE SOIL DERIVED FROM CONVENTIONAL
AND ORGANIC AGRICULTURAL MANAGEMENT
- Silvia Janeth Bejar Pulido¹, §Erik Orlando Luna Robles²..... 32 - 47

Artículo de difusión

- 5 SUCESOS HISTÓRICOS DE NOGAL (*Carya illinoensis*) EN SAN
RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MÉXICO / HISTORICAL EVENTS
OF WALNUT (*Carya illinoensis*) IN SAN RAYMUNDO JALPAN,
OAXACA, MEXICO
- ¹Chantal Daimarely Vásquez-Contreras¹, ²§Vicente Arturo Velasco-Velasco²
³Jasciel Chairez-Aquino³, ²Yuri Villegas-Aparicio¹, ²Gerardo Rodríguez-
Ortiz¹..... 48 - 55



DIRECTORIO

Maestro Ramón Jiménez López- Director General, Tecnológico Nacional de México (TecNM)

Dr. Jesús Olayo Lortía- Responsable del Despacho de los Asuntos, Competencia de la Dirección de
Posgrado, Investigación e Innovación (TecNM)

Dra. Marisa Guadalupe Flores Aguilar- Directora (ITVO)

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle - Subdirección Académica (ITVO), (jose.ev@voaxaca.tecnm.mx)
Editor Asociado Revista Institucional

Dr. Yuri Villegas Aparicio-Jefe de la DEPI-ITVO, (yuri.va@voaxaca.tecnm.mx)
Editor Asociado Revista Institucional

Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz (gerardo.ro@voaxaca.tecnm.mx)
Editor en jefe Revista Institucional DEPI-ITVO

MC. Arely Concepción Ramírez Aragón (arely.ra@voaxaca.tecnm.mx) - Coordinación de soporte Revista
Institucional DEPI-ITVO

Mayores informes:

Revista Mexicana de Agroecosistemas

Domicilio conocido

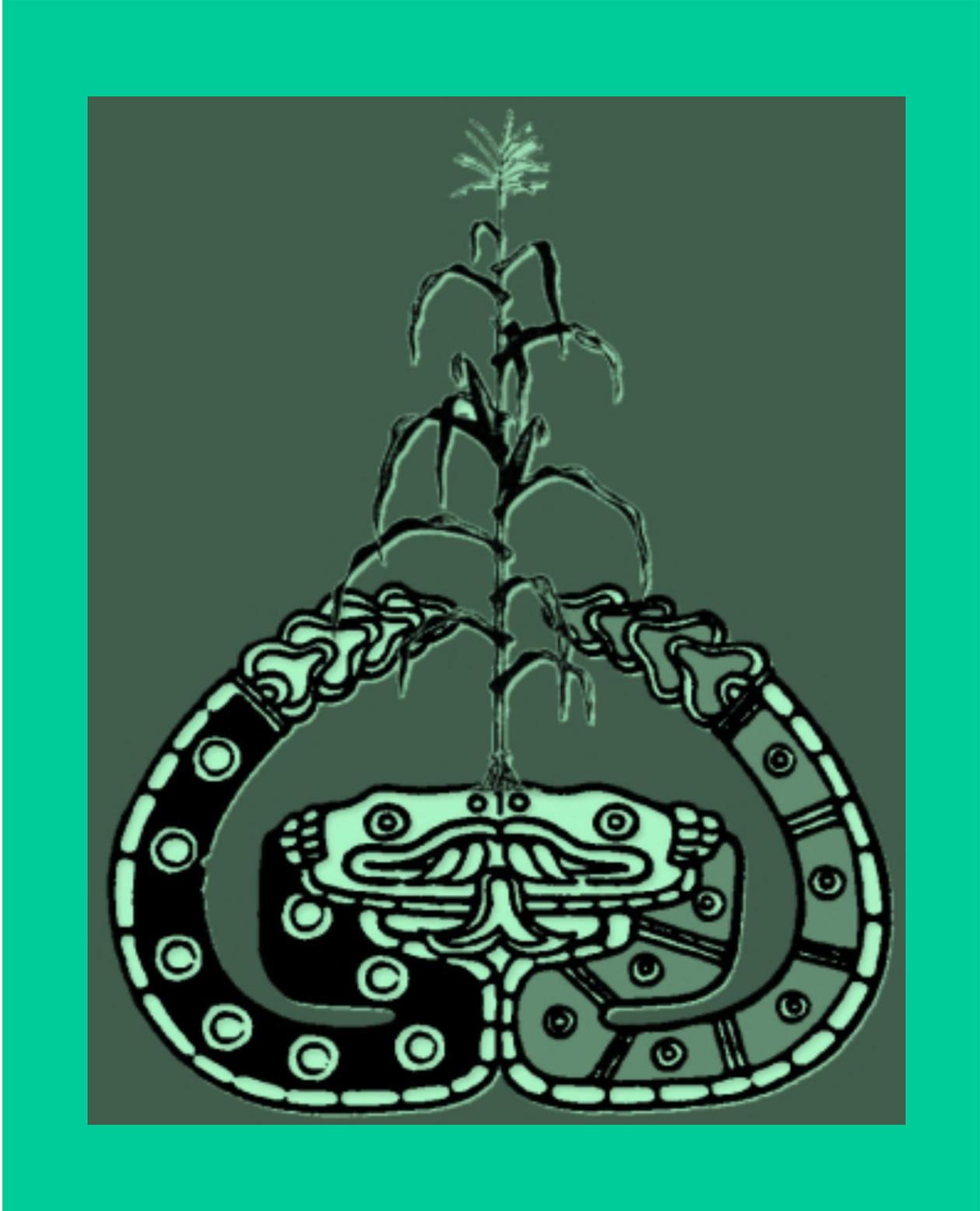
Ex-hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México

C. P. 71233

Tel. y Fax: 01(951) 5170788

Correo: rmae@voaxaca.tecnm.mx, rmae.itvo@gmail.com

<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/index>



REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREAS IMPACTADAS POR INCENDIOS EN EL PREDIO LAS BAYAS, DURANGO

NATURAL REGENERATION IN FIRE-IMPACTED AREAS IN LAS BAYAS, DURANGO

¹Arnulfo Meléndez Soto , ^{1§}Héctor Manuel Loera Gallegos , ²Jorge Armando Chávez Simental , ¹Pedro Antonio Domínguez Calleros , ¹Jaime Briseño Reyes , ¹Manuel Antonio Díaz Vásquez 

¹Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Durango, Dgo. México. ²Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Durango, Durango, Dgo. México. [§]Autor de correspondencia: (hm.gallegos@ujed.mx).

RESUMEN

En el año 2011 un incendio forestal afectó al 41.3 % del predio “Las Bayas” de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). A pesar de esto se ha presentado una regeneración natural de la cubierta vegetal en diferente magnitud, lo que ha contribuido a la rehabilitación del ecosistema. Se evaluó la influencia de aspectos fisiográficos y la relación del grado de calcinación en la regeneración natural mediante el comportamiento de indicadores ecológicos en esta zona. Dentro de nueve exposiciones geográficas, se establecieron cuatro subparcelas de 25 m² cada una, donde se registraron las especies vegetales presentes y su densidad. Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para explorar la relación entre las variables de estudio con base en los indicadores ecológicos evaluados. Ocho de nueve especies vegetales presentes, se observaron en el biotipo arbóreo y una arbustiva (*Arctostaphylos pungens*). Esta especie se encontró en todas las exposiciones geográficas, siendo la noroeste la que presentó una regeneración más favorable. Las especies arbóreas no alcanzaron la abundancia esperada, ya que los valores en los indicadores ecológicos fueron bajos. La intensidad del fuego no resultó significativa en el proceso de regeneración natural, siendo la pendiente y la exposición los indicadores más relevantes en este proceso. La presencia de *A. pungens* puede ser determinante en el proceso de regeneración al contribuir en la rehabilitación post-incendio del suelo, incorporando materia

orgánica e incrementando la retención de humedad.

Palabras clave: Estadística espacial, Índice de Calcinación Normalizado, Índice de Valor de Importancia, Mínimos Cuadrados Ordinarios, variables fisiográficas.

ABSTRACT

In 2011 a forest fire affected 41.3 % of the “Las Bayas” property of the Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Despite this, there has been a natural regeneration of the vegetation cover in different magnitudes, which has contributed to the rehabilitation of the ecosystem. The influence of physiographic aspects and the relationship of the degree of calcination on natural regeneration was evaluated through the behavior of ecological indicators in this area. Within nine geographic exposures, four subplots of 25 m² each were established, where the plant species present and their density were recorded. An Ordinary Least Squares (OLS) multiple linear regression analysis was performed to explore the relationship between the study variables based on the ecological indicators evaluated. Eight of nine plant species present were observed in the arboreal biotype and one shrub (*Arctostaphylos pungens*). This species was found in all geographic exposures, being the northwest the one with the most favorable regeneration. Tree species did not reach the expected abundance, since the values in the ecological indicators were low. Fire intensity was not significant in the natural regeneration process,

being slope and exposure the most relevant indicators in this process. The presence of *A. pungens* can be determinant in the regeneration process by contributing to the post-fire rehabilitation of the soil, incorporating organic matter and increasing moisture retention.

Index words: Spatial statistics, Normalized Calcination Index, Importance Value Index, Ordinary Least Squares, physiographic variables.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son un fenómeno común que se presentan a nivel mundial (Rodríguez-Trejo y Fulé, 2003). Existen especies forestales que han logrado adaptarse a este tipo de siniestros, lo que les permite su permanencia en los sitios evaluados. En contraparte, la vegetación arbustiva y las herbáceas son más vulnerables debido a que sus tejidos son más frágiles (Pellegrini et al., 2017).

El Centro Nacional de Prevención de Desastres Naturales indica que, en los bosques mexicanos se ha incrementado la ocurrencia de incendios en los últimos años (CENAPRED, 2019). El aumento de la ocurrencia de incendios forestales, puede incurrir en la disminución de la productividad de los bosques debido a la pérdida de fauna silvestre, vegetación y degradación del suelo (Schröter et al., 2005).

En década 2011-2020 la Comisión Nacional Forestal registró 76 546 incendios en México, afectando bosques de pino-encino, pastizales, especies arbustivas y herbáceas con un promedio de 494 758 ha por año. Destacó el año 2011 por la superficie afectada, registrando un total de 956 405 ha siniestradas en 12 113 incendios reportados. Durante ese año, en el estado de Durango la superficie afectada ascendió a 42 005 ha (CONAFOR, 2021). En el predio “Las Bayas” de la UJED un incendio se presentó en poco más del 41 % de su superficie (Giglio et al., 2015).

Después de un incendio las coníferas presentan una mortalidad elevada, aunque es

común observar una regeneración natural en diferente intensidad con contrastes de densidad y calidad vegetativa, este proceso es habitualmente suficiente para mantener la especie en el sitio (Vega et al., 2010). La regeneración natural se refiere a un proceso de repoblación vegetal con la capacidad de reproducirse a través de renuevos o rebrotes o de semillas; esto promueve la aparición de nuevas plantas sin la intervención humana, lo cual forma parte de la dinámica propia del bosque y permite la permanencia y continuidad de las especies en condiciones normales (Godínez et al., 2016; Meneses-Tovar, 2011; Zavala, 2001). Otras investigaciones se han dedicado a entender los procesos de regeneración natural de diferentes ecosistemas después de haber sido impactados por un incendio. Sin embargo, se han orientado en estudiar la relación entre variables ecológicas, dasométricas, climáticas y especies vegetales asociadas (Méndez et al., 2014; Crotteau et al., 2013; Alanís-Rodríguez et al., 2012; Marzano et al., 2012; Martínez y Rodríguez, 2008; González et al., 2007).

Otro factor que influye de manera importante en la regeneración de la cubierta vegetal es la exposición solar o la orientación de las laderas, la cual afecta principalmente la evapotranspiración potencial, el contenido de humedad del suelo y la fotosíntesis en función al microclima que genera (Van De Water et al., 2002). Estas características fisiográficas pueden determinar el potencial de la regeneración por el efecto de la variación ambiental (Alanís-Rodríguez et al., 2010a).

Bajo la hipótesis de que las variables fisiográficas (exposición y pendiente) y el grado de calcinación (*dNBR*) influyen significativamente en la regeneración natural de la cubierta vegetal, condicionando la respuesta de los indicadores ecológicos en el predio “Las Bayas” de la UJED, Durango, México.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de las variables fisiográficas (exposición y pendiente), y la relación del grado de calcinación

(*dNBR*), en la regeneración natural de la cubierta vegetal mediante el comportamiento de sus indicadores ecológicos en una zona del predio “Las Bayas” de la UJED en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el predio “Las Bayas” de la UJED (**Figura I**), entre los paralelos 23° 22' 15" y 23° 29' 50" LN y los meridianos 104° 48' 45" y 104° 53' 00" LO. Presenta una temperatura media anual entre 12 y 18 °C, bajas de -3 a 18 °C

y altas de ≤ 22 °C; con una precipitación media anual entre 200 y 1 800 mm (CONABIO, 2000). Destacan los suelos de tipo Leptosol y Luvisol, localizados en zonas montañosas con más de 40 % de pendiente. La vegetación se integra por bosques de pino-encino, predominando *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham, *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham, *P. cooperi* C.E. Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. engelmannii* Carr, *P. herrerae* Martínez y *P. strobiformis* Engelmann así como *Quercus sideroxyla* Bonp, *Q. durifolia* Seemen ex Loes, *Q. rugosa* Née, *Q. candicans* Née y *Q. crassifolia* Bonp (CONABIO, 2000).

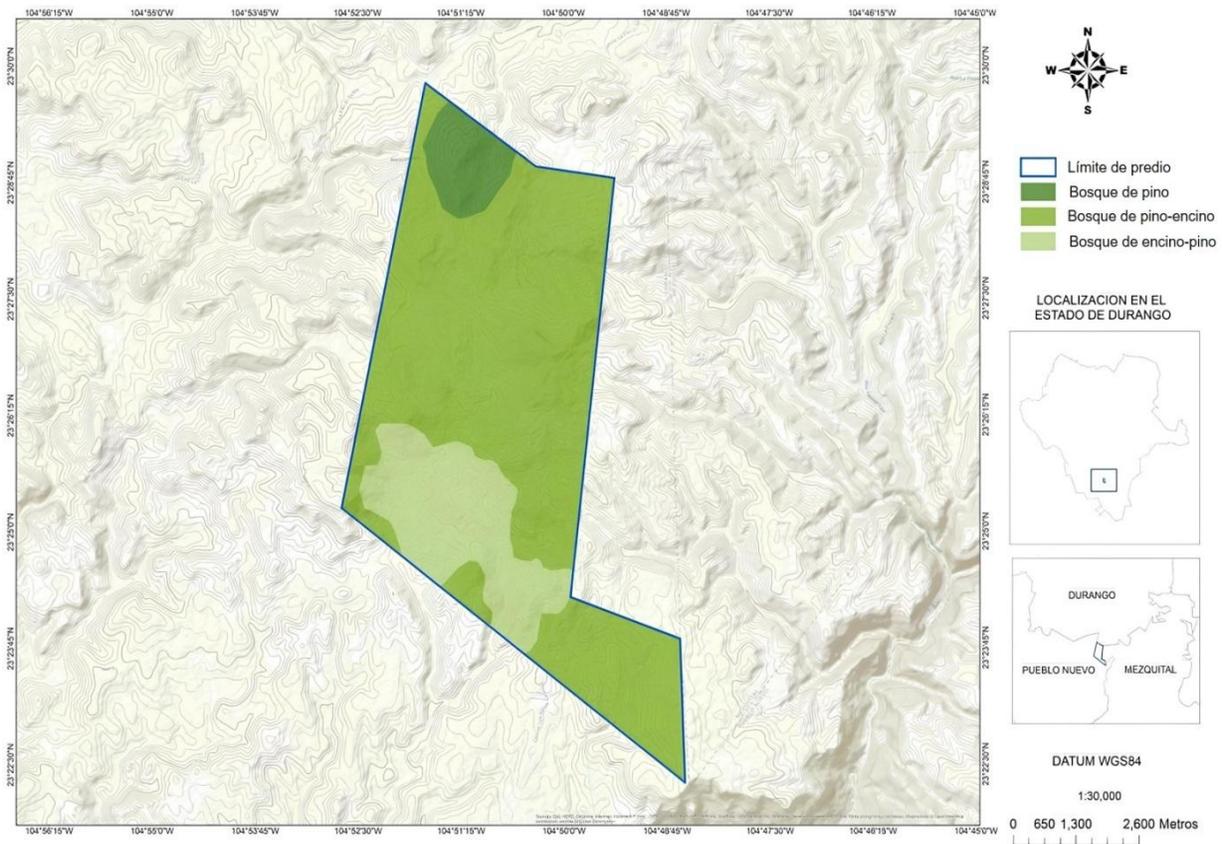


Figura I. Localización y límite territorial del predio Las Bayas, Pueblo Nuevo, Dgo. México.

Metodología

Para el estudio se emplearon imágenes satelitales Landsat 5 TM+, de 30 m de resolución, previas (marzo de 2011) y posteriores (mayo 2011) al incendio, obtenidas del sitio web del USGS Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), las cuales se procesaron en la plataforma web de geomática Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>).

La identificación de las áreas siniestradas, se realizó mediante el Índice de Calcinación Normalizado (NBR), calculando este mediante la ecuación (Chuvienco, 2019):

$$NBR = (R_{NIR} - R_{SWIR}) / (R_{NIR} + R_{SWIR})$$

Donde: R_{NIR} es la reflectividad en la banda del infrarrojo cercano (NIR), y R_{SWIR} es la reflectividad en la banda del infrarrojo de onda corta ($SWIR$).

Los valores del NBR obtenidos antes (Pre) y después (Post) del incendio se conocen comúnmente como Índice Diferencial de Calcinación Normalizado ($dNBR$), el cual indica el grado de la severidad del daño (Lutes et al. 2006), se calculó mediante la ecuación:

$$dNBR = NBR_{PRE} - NBR_{POST}$$

Para categorizar los niveles ordinales de gravedad e intervalo de $dNBR$ (escalado por 10^3), se considera que los intervalos de valores son flexibles y dependen del par de escenas anterior y posterior al incendio. Existen cuatro categorías $dNBR$: baja (100-269), moderada-baja (270-439), moderada-alta (440-659) y alta (660-1300); rangos inferiores se consideran áreas no quemadas (Lutes et al., 2006). Las áreas con valores negativos de $dNBR$ pueden indicar un nuevo crecimiento después de un incendio (Keeley et al., 2009; Arellano et al., 2017).

Las variables fisiográficas de Exposición y Pendiente se generaron mediante un Modelo Digital de Elevación (MDE) de 15 m de

resolución de la zona, del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 de INEGI (2021), con el software ArcGis 10.3.

La intensidad de muestreo fue del 2 % basada en la metodología descrita por Chauchard et al. (2002). Se establecieron un total de 36 parcelas de forma cuadrada (5×5 m), cuatro en cada exposición donde se registró la especie, altura, diámetro basal y DAP. Estos datos fueron utilizados para obtener indicadores ecológicos.

Para evaluar el papel relativo de las especies vegetales, se utilizaron los indicadores ecológicos siguientes:

a) Abundancia relativa (Ar) (Magurran, 1988):

$$Ar = \frac{A_i}{A_t} \times 100$$

Donde:

Ar = abundancia relativa;
 A_i = abundancia absoluta;
 A_t = abundancia total.

a. Dominancia relativa (Dor) (Matteucci y Colma, 1982):

$$Dor = \frac{D_a}{D_t} \times 100$$

Donde: Dor = dominancia relativa; D_a = dominancia absoluta de la especie; D_t = dominancia absoluta de todas las especies.

b) Frecuencia relativa (Fr) (Matteucci y Colma, 1982):

$$Fr = \frac{F_i}{\sum f} \times 100$$

Donde: Fr = frecuencia relativa; F_i = frecuencia absoluta de la especie i ; $\sum f$ = frecuencia absoluta de todas las especies de la parcela.

c) Índice de Valor de Importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951):

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (Ar + Fr + Dor)}{3}$$

Donde: IVI = Índice de Valor de Importancia; Ar = abundancia relativa; Fr = frecuencia relativa; Dor = dominancia relativa.

- d) Índice de Riqueza de Especies (Margalef, 1969):

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Donde: R_1 = Índice de Riqueza de Especies de Margalef; S = número total de especies; n = número total de individuos observados.

- e) Índice de diversidad de Shannon (Shannon, 1948):

$$H' = \sum_{i=1}^S (P_i \log_2 P_i)$$

Donde: H' = índice de diversidad de Shannon; S = número de especies; P_i = proporción de individuos de la especie (i) respecto al total (abundancia relativa de la especie i): $P_i = \frac{n_i}{N}$; n_i = número de individuos de la especie, N = número de todos los individuos de todas las especies.

- f) Índice de diversidad de Simpson (Simpson, 1949):

$$D_{si} = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Donde: D_{si} = índice de diversidad; P_i = abundancia proporcional de la i -ésima especie, $P_i = \frac{n_i}{N}$; n_i = número de individuos de la especie i ; N = número total de individuos para todas las S especies en la comunidad.

- g) Índice de dominancia de Simpson (Magurran, 1988):

$$\lambda = \sum P_i^2$$

Donde: λ = índice de dominancia de Simpson; P_i = abundancia proporcional de la especie i .

Se utilizó el método de regresión lineal múltiple de Mínimos Cuadrados Ordinarios (*MCO*), frecuentemente aplicado en el estudio de los recursos forestales (Santiago et al., 2021; Tamarit-Urias et al., 2020; Comeau et al., 2010), empleando la herramienta de estadística de modelación de relaciones espaciales *Ordinary Least Squares (OLS)* del software ArcGis 10.3. Este proceso analiza el efecto sobre una variable dependiente en respuesta al cambio en una o más variables independientes (Erfanian, 2016). Se basa en el uso de una sola ecuación para explorar la relación entre las variables, asumiendo que la relación es consistente en toda el área de estudio (Soto, 2013). Aplicando el método *MCO*, se obtienen estimadores que minimizan la suma de cuadrados de las distancias verticales entre los valores observados de la respuesta y los predichos por el modelo (Boca et al., 2020).

La expresión general de un modelo de regresión para un total de k variables explicativas es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$$

Donde: (Y) variable dependiente; (X_k) variables explicativas; (β) coeficientes; (ϵ) residuales.

La herramienta OLS en ArcGIS (Scott & Janikas, 2009), evalúa los problemas asociados con la no estacionariedad (variación regional) y calcula los valores del error estándar sólido, enumerando los resultados de las verificaciones del diagnóstico, empleando los siguientes diagnósticos: a) el factor de inflación de la varianza (*VIF*), que verifica la redundancia de las variables explicativas, eliminando las que presenten un valor > 7.5 (alta multicolinealidad), que puede afectar la precisión de los coeficientes. b) Criterio de Akaike (*AICc*), para determinar cuál modelo es el más eficiente. c) Prueba Joint F. y Joint Wald: Si ambas muestran un valor p bajo, confirma que el modelo es significativo y que al menos una de las variables independientes es relevante

d) Prueba de Koenker, el cual se utilizó en este estudio como prueba analítica para la verificación de supuestos, en el que si se tiene una variación regional estadísticamente significativa (<0.05), se consultan las probabilidades sólidas para determinar si una variable explicativa es estadísticamente significativa. e) La estadística Jarque-Bera evalúa la normalidad de los residuos del modelo, si $p < 0.05$, indica que no son distribuidos normalmente, por lo que el modelo es tendencioso.

Se tomó como variable dependiente el número de individuos de cada una de las especies registradas en los sitios. Se utilizaron como factores

explicativos variables cuantitativas continuas de índice de calcinación ($dNBR$), el grado de exposición y pendiente de cada celda a partir del modelo de elevación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con las imágenes mencionadas anteriormente y a través del índice de calcinación normalizado ($dNBR$) se detectaron tres niveles de severidad Moderada, Moderada-alta y Alta (Tabla I), con un total de 45 ha del predio (Figura 2).

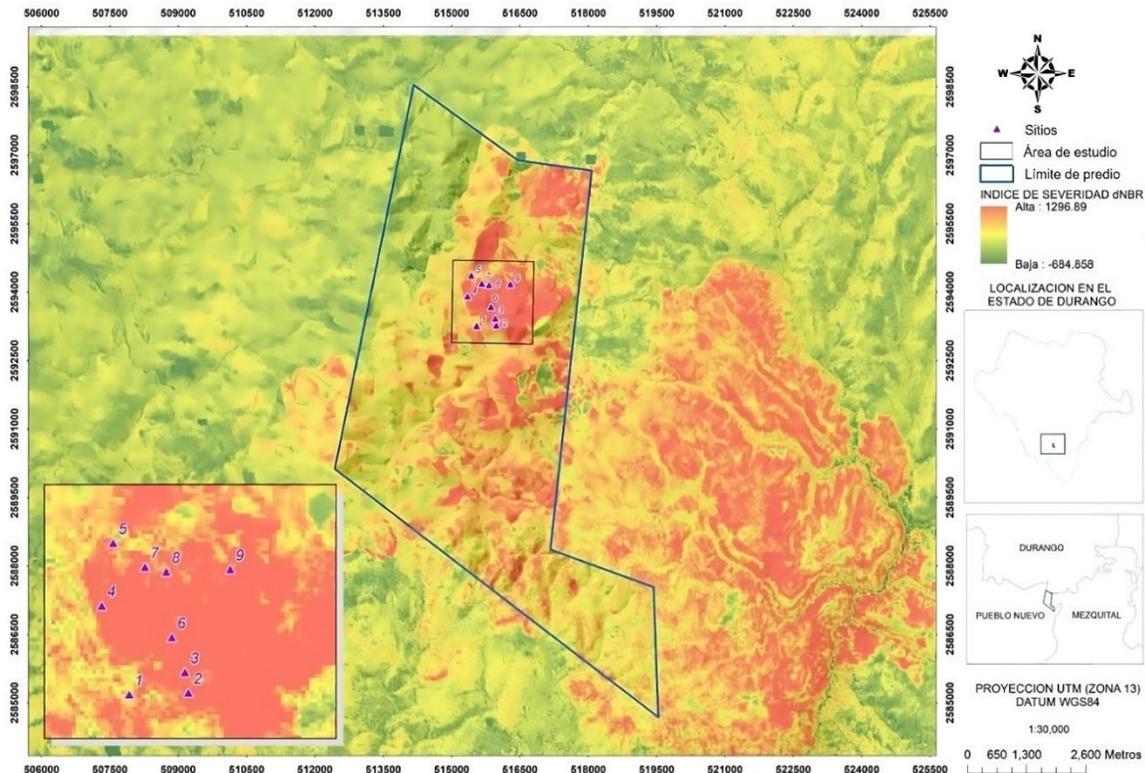


Figura 2. Afectación del incendio del 2011 ($dNBR$) en el predio Las Bayas, Pueblo Nuevo, Dgo.

Tabla 1. Características de severidad del incendio en las diferentes condiciones fisiográficas de los sitios de muestreo

#	UTM		dNBR	Sev*	Exposición		Pendiente (%)
	X	Y			Tipo	Grado	
1	515550	2593259	290.092	M	Z	-1.000	0.000
2	515982	2593272	492.357	MA	O	269.380	40.744
3	515958	2593422	431.193	MA	S	178.134	46.312
4	515349	2593907	775.173	A	SO	239.215	39.402
5	515432	2594365	427.230	MA	E	97.433	9.518
6	515861	2593676	688.074	A	SE	131.932	21.745
7	515665	2594190	380.719	M	NE	62.415	27.650
8	515821	2594155	348.431	M	N	93.772	45.481
9	516289	2594173	519.425	MA	NO	315.000	27.644

dNBR = grado de calcinación, *Sev = severidad M = moderada; MA = moderada alta; A = alta; Z = zenital; O = oeste; S = sur; SO = suroeste; E = este; SE = sureste; NE = noreste; N = norte; NO = noroeste

Botella-Martínez y Fernández-Manzo (2017) señalan que contar con la información sobre los diferentes grados de severidad de un incendio forestal, contribuye positivamente en la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes sobre la conservación y restauración de áreas afectadas. Se registraron siete géneros y nueve especies vegetales, siendo la de mayor presencia *Arctostaphylos pungens* perteneciente al estrato arbustivo, sobresaliendo en la exposición noroeste (NO) (Tabla 2). Generalmente esta especie es de rápido crecimiento y desarrollo, presentando más abundancia cuando los incendios

son intensos (Márquez-Linares et al., 2005). Otra de las especies con fuerte presencia fue *Quercus sideroxylla* en dos exposiciones: este (E) y noreste (NE). En la exposición norte (N), se registró *Arbutus xalapensis*, lo que concuerda con Díaz et al. (2014), quienes aseguran que esta especie es tolerante a incendios de baja intensidad generando un mayor número de brotes. En la exposición sur (S), se registró *Pinus durangensis*, coincidiendo con lo encontrado en el estudio desarrollado por Márquez-Linares et al. (2005), quienes señalan la existencia de los géneros *Quercus* y *Pinus* (Tabla 2).

Tabla 2. Número de individuos presentes por especie y exposición.

Nombre científico	Exposición									Total
	Z	O	S	SO	E	SE	NE	N	NO	
<i>Arctostaphylos pungens</i> H. B. K.	21	30	6	33	20	25	5	2	78	220
<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. & Cham	1	5	2	1	3	3	3	1	2	21
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	0	0	11	0	0	7	0	0	0	18
<i>Pinus cooperi</i>	0	3	1	4	1	0	2	3	0	14
<i>Quercus sideroxylla</i> Bonp	15	27	6	8	13	11	26	13	3	122
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	6	3	0	1	5	0	0	2	0	17
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	1	0	4	6	9	7	6	21	3	57
<i>Alnus</i> spp.	0	2	0	0	0	0	4	0	0	6
<i>Abies</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Total de especies	5	6	6	6	6	5	6	7	4	9
Total de individuos	44	70	30	53	51	53	46	44	86	477

Z = cenital, O = oeste, S = sur, SO = suroeste, E = este, SE = sur este, NE = noreste, N = norte, NO = noroeste.

Alanís-Rodríguez et al. (2012) no encontraron diferencia significativa en la densidad y dominancia en el estrato arbóreo, pero sí en su diversidad y composición en las exposiciones N y NO. Sus resultados coinciden con los del presente trabajo, ya que la exposición NO resultó ser la más diversa. Argumentan que la ausencia de diferencias, en cuanto a indicadores ecológicos y dasométricos, debido a que la regeneración de la vegetación estudiada no es afectada por variaciones microclimáticas asociadas a los cambios en orientación tras el fuego, lo que puede sugerir una resiliencia al efecto de la variación climática a pesar de las diferencias en orientación entre ellas.

Para el caso de abundancia relativa (*Ar*), destacan tres especies: en orden de importancia, *Arctostaphylos pungens*, *Quercus sideroxyla* y *Arbutus xalapensis*. Según estudios de Alanís-Rodríguez et al. (2011), el género *Quercus* es uno de los de mayor presencia después de un incendio. La frecuencia relativa (*Fr*), indica que se sigue manifestando, en las parcelas de manera continua *Arctostaphylos pungens*, *Quercus sideroxyla* y *Arbutus xalapensis*; aunque en abundancia (*Ar*) y dominancia (*Dor*) *Pinus teocote* no presentó valores altos, existe una frecuencia con un valor

igual a *Arctostaphylos pungens* y *Quercus sideroxyla*, ya que está presente en todas las exposiciones, pero en baja escala. En cuanto a dominancia relativa (*Dor*) fueron tres especies de mayor presencia en el área de interés en orden de importancia: *Arctostaphylos pungens*, *Quercus sideroxyla* y *Arbutus xalapensis*. El Índice de Valor de Importancia (*IVI*) arrojó que las especies de mayor valor ecológico fueron: *Arctostaphylos pungens*, *Quercus sideroxyla*, y *Arbutus xalapensis*, seguido de *Pinus teocote* y *P. cooperi* (Tabla 3). Estudios similares encontraron que los géneros *Quercus* y *Arbutus* son los de mayor presencia después de un incendio (Alanís-Rodríguez et al., 2011; Alanís-Rodríguez et al., 2012).

Respecto a la Diversidad o riqueza específica de especies y dominancia, se observó que no existe alta diversidad o riqueza de especies forestales respecto a las exposiciones (Tabla 4). Las exposiciones N y S, son las de mayor diversidad. La especie dominante en las exposiciones mencionadas, es *Arbutus xalapensis*, en las exposiciones NE, E y SO se encontraron 6 de las 9 especies, donde el índice de riqueza no excede o llega al valor de 2, lo cual hace referencia a lugares con baja diversidad (Margalef, 1969).

Tabla 3. Indicadores ecológicos relativos por especie (%).

Nombre científico	Abundancia (<i>Ar</i>)	Frecuencia (<i>Fr</i>)	Dominancia (<i>Dor</i>)	<i>IVI</i>
<i>Arctostaphylos pungens</i> H. B. K.	46.12	17.64	45.25	36.34
<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. & Cham	4.40	17.64	4.18	8.74
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	3.77	3.92	5.37	4.35
<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco	2.93	11.76	2.8	5.85
<i>Quercus sideroxyla</i> Bonp	25.5	17.64	25.30	22.84
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	3.56	9.80	3.52	5.63
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	11.94	15.68	11.82	13.15
<i>Alnus</i> spp.	1.25	3.92	1.24	2.14
<i>Abies</i> spp.	0.41	1.96	0.41	0.93

Tabla 4. Índices de riqueza, diversidad y dominancia por exposición.

Exposición	Índice de riqueza de	Índice de diversidad		Índice de dominancia
	especies Margalef	Shannon	Simpson	Simpson
Z	1.057	0.505	0.636	0.363
O	1.170	0.560	0.657	0.342
S	1.470	0.683	0.762	0.237
SO	1.259	0.508	0.570	0.429
E	1.271	0.648	0.736	0.263
SE	1.007	0.598	0.696	0.303
NE	1.305	0.588	0.637	0.362
N	1.585	0.548	0.673	0.326
NO	0.673	0.178	0.174	0.825
Intervalo	2-3	2-3	2-3	0-1

Las exposiciones S y E presentaron los valores más altos en los índices de diversidad de Shannon (H'), sin embargo, no llegan al valor inferior de referencia propuesto (2-3). Los valores en orden descendente se presentaron en las exposiciones SE y NE. Lo anterior indica que este ecosistema presenta una diversidad por debajo de lo normal (Graciano et al., 2017). El índice de diversidad de Simpson mostró un valor bajo en la exposición S. Al igual que el índice de Shannon, presentó valores similares con una diferencia mínima y constantes en el resto de las exposiciones.

El índice de dominancia de Simpson presentó valores diversos, destacando una de las nueve exposiciones. En la exposición NO se encontraron 78 individuos de *Arctostaphylos pungens*, de un total de 86, seguido de la exposición SO con 53 individuos de los cuales 33 pertenecen a la especie mencionada. Se observó que esta es la especie dominante ya que se encontró en seis de las nueve exposiciones evaluadas, a pesar de esto existe un estancamiento en los procesos de sucesión en el bosque después del impacto de incendio, lo que incide en menor diversidad y mayor dominancia (Hernández et al., 2007). De acuerdo con Magurran (1988), valores cercanos a cero en este indicador refleja una mejor diversidad en el hábitat. En el caso inverso, las exposiciones S y E fueron las de menor índice de dominancia. Otros autores han usado estos indicadores ecológicos

para evaluar y describir la diversidad y estructura de la vegetación donde se lograron identificar las especies de mayor importancia ecológica en un bosque de galería (Sampayo-Maldonado et al., 2021; Canizalez-Velázquez et al., 2021; Aguilar-Luna et al., 2018).

Clasificación de la regeneración

La presencia de regeneración por especie en las diferentes exposiciones, registró un porcentaje de 65.5, 9.0 y 6.5 %, para las especies *Arctostaphylos pungens*, *Quercus sideroxylla* y *Arbutus xalapensis*, respectivamente. Lo anterior se clasificó de acuerdo con los parámetros de la CONAFOR (2012), donde se señala que la etapa brinzal corresponde a plantas de 0.30 m a 1.50 m de altura.

Referente a las especies arbóreas, estos resultados coinciden con los reportados por Alanís-Rodríguez et al. (2012), quienes mencionan al género *Quercus* como clave por su abundancia post-incendio. Estos autores aseguran que incendios de mediana-alta intensidad de manera frecuente pueden ocasionar la pérdida local de especies adaptadas al fuego como *Pinus pseudostrobus*. En este trabajo, *Q. sideroxylla* fue la segunda especie en la etapa de Brinzal, *Pinus teocote* se encontró en todas las exposiciones muestreadas, coincidiendo con lo reportado por Capulín-Grande et al. (2010), quienes mencionan

que las especies presentes después de un incendio fueron algunas especies del género *Quercus* y plántulas de *Pinus patula* y *P. teocote*.

Desempeño de las regresiones MCO

En el análisis del rendimiento de MCO realizados a todas las variables, destaca la importancia de *Arctostaphylos pungens* en la regeneración natural debido a su presencia en todos los sitios. La densidad de esta especie presentó alta correlación con el grado de exposición.

Por el contrario, el rendimiento del modelo en las especies arbóreas resultó con R^2 baja en forma grupal; de forma individual, *Alnus* spp., *Pinus teocote*, *P. durangensis* y *Quercus sideroxyla*, obtuvieron rendimientos más altos, sin embargo, en esta investigación no se observaron otros factores que pudieran explicar la regeneración de estas especies (Tabla 5).

Tabla 5. Rendimiento de las regresiones Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Estrato	Variable dependiente (regeneración)	Rendimiento del modelo (R^2)
Arbustivo	<i>Arctostaphylos pungens</i> H. B. K.	0.797152
	<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco	0.147882
Arbóreo	<i>Picea chihuahuana</i> Martínez	0.115499
	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. & Cham	ns
	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	ns
	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonp	ns
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud	0.200079
	<i>Arbutus</i> spp.	0.003123
	<i>Alnus</i> spp.	ns
Total Arbóreo		0.169694

ns = parámetros no significativos para $p < 0.05$.

En el **Tabla 6** se observa que la regresión MCO del estrato arbustivo, donde el coeficiente de la variable pendiente indica que es estadísticamente significativa, lo cual explica el modelo con una relación negativa. El coeficiente de la variable exposición, muestra una relación positiva; ambas variables presentaron una relación estadísticamente

significativa ($p < 0.01$). La severidad del incendio (*dNBR*) no mostró significancia ni relación estadística con la regeneración. En ambos casos el factor de inflación de la varianza, no presentó redundancia entre las variables explicativas ($VIF < 7.5$).

Tabla 6. Variables explicativas en el modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Estrato	Variable	Coefficiente	Pr.	Pr. Robusta	VIF
Arbustivo	Intercept	21.524386	0.158680	0.025658*	-----
	dNBR	-0.012817	0.675197	0.435805	1.519054
	Exposición	0.257694	0.004194*	0.004175*	2.011114
	Pendiente	-1.060626	0.011640*	0.005946*	1.429232
Arbóreo	Intercept	31.679830	0.055006	0.006584*+	-----
	dNBR	-0.008233	0.783155	0.631106	1.519054
	Exposición	-0.076434	0.183929	0.111242	2.011114
	Pendiente	0.439766	0.163263	0.046682	1.429232

dNBR = grado de calcinación. * Estadísticamente significativo ($p \leq 0.01$), VIF = Factor de Inflación de la Varianza

Independientemente de la severidad del incendio, la regeneración natural de las especies arbustivas se dará en mayor proporción en la exposición NO (Tabla 6). Esto resulta acorde con Alanís-Rodríguez et al. (2010b), quienes determinaron en su estudio que la severidad del incendio forestal no modifica la diversidad de las especies, pero sí modifica la densidad y área de copa. Por otra parte, Giorgis et al. (2013) indican que factores como las características geomorfológicas condicionan la recuperación post-incendio, y de forma similar Alanís-Rodríguez et al. (2010a), señalan que las áreas de regeneración están más asociadas con la exposición de ladera que con los tratamientos de restauración ecológica. Por su parte Peña y Martínez (2019), mencionan que la distribución espacial de la severidad y recuperación de la vegetación incendiada, muestra una relación con variables bióticas (e.g., tipo de comunidad vegetal) y abióticas (e.g., pendiente, altitud y exposición del terreno).

En el estudio de Viana et al. (2017) se menciona que a partir de los modelos de regresión lineal múltiple (MCO), la capacidad explicativa de las variables ambientales de la topografía (elevación y pendiente) y el clima post-incendio (anomalías en precipitación) en la recuperación de la vegetación tras el incendio ha sido verificada/comprobada.

En el **Tabla 7** se aprecia que no existe diferencia del modelo para los estratos arbóreo y arbustivo en el criterio Akaike. Se observa para el estrato arbustivo una significancia estadística ($p < 0.01$), en la evaluación de la importancia global del modelo, (Joint F. = 0.011117, Joint Wald = 0.000000). Para el arbóreo se encuentra esta significancia en el estadístico de Joint Wald (0.001813).

En el estadístico de Koenker (BP), la estacionariedad resultó no significativa con un valor de 0.092042 y 0.272083 para los estratos arbustivo y arbóreo respectivamente. Las variables explicativas del modelo tienen una relación consistente con la regeneración, tanto en el espacio geográfico como en el espacio de datos, por lo que no hay heterocedasticidad en el modelo. Contrario al estudio desarrollado por Viana et al. (2017) donde evaluaron la regeneración post-incendio en especies arbóreas, se utilizó MCO, sin embargo, los resultados fueron significativos en el estadístico de Koenker, por lo que realizaron el procedimiento de regresión ponderada geográficamente (GWR por sus siglas en inglés) para ajustar el modelo. Finalmente, en este trabajo los resultados del índice estadístico de Jarque-Bera para ambos estratos, muestran que los residuales son distribuidos normalmente ($p > 0.01$), por lo que las predicciones del modelo no están sesgadas (Tabla 7).

Tabla 7. Diagnóstico Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Estrato	Índice estadístico				
	Akaike (AICc)	Joint F. (>F), 3.5 g.l.	Joint Wald (> χ^2), 3 g.l.	Koenker (BP) (> χ^2), 3 g.l.	Jarque-Bera (> χ^2), 2 g.l.
Arbustivo	92.546831	0.011117*	0.000000*	0.092042	0.786736
Arbóreo	92.212172	0.312361	0.001813*	0.272083	0.272083

g.l.= grados de libertad; * Estadísticamente significativo ($p \leq 0.01$).

CONCLUSIONES

El efecto de la intensidad del fuego no resultó significativo en el proceso de regeneración natural, por su parte la pendiente y la exposición fueron los indicadores más relevantes en este proceso. La regeneración que se ha venido desarrollando en el predio a 10 años de haber sido impactado por incendio, mostró que las especies de importancia comercial (pinos y encinos) presentaron valores bajos en los indicadores ecológicos evaluados. Las variables pendiente y exposición tienen una fuerte relación con la regeneración en el espacio geográfico y de datos, por lo que no hay heterocedasticidad en el modelo. La alta presencia de *Arctostaphylos pungens* parece indicar que es determinante en el proceso natural de regeneración, ya que contribuye en la rehabilitación post-incendio del suelo, al incorporar materia orgánica e incrementar la permeabilidad para la retención de humedad, lo que eventualmente permitirá que las especies de importancia forestal tengan los elementos adecuados para poder regenerarse.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el apoyo otorgado para la realización de la presente investigación, derivado del proyecto "Paleoincendios y su relación con la regeneración del bosque." RNPTC2019 (18529) (20189). Gracias a Norberto Domínguez Amaya por sus acertadas observaciones y la revisión del ABSTRACT.

REFERENCIAS

- Aguilar-Luna, J. M. A., Loeza-Corte, J. M., García-Villanueva, E. y Hernández-Fernández, L. A. (2018). Arboreal vegetation structure and diversity in the gallery forest of the Xaltatempa river, Puebla, Mexico. *Madera y Bosques*, 24(3), 1-II. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.243I6I6>
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O.A., Treviño-Garza, E.J. y García-Galindo, P.C. (2010a). Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y Bosques*, 16(4), 39-54. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.164I159>
- Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O.A., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Treviño-Garza, E.J., Aranda-Ramos, R. y Canizales V. P.A. (2010b). Efecto de la severidad del fuego sobre la regeneración asexual de especies leñosas de un ecosistema mixto (*Pinus-Quercus*) en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Interciencia*, 35(9), 690-695.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, O. A. y Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1208-1214. <https://doi.org/10.7550/rmb.29708>
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O.A. y Treviño-Garza, E.J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), 31-39. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.05.032>
- Arellano, S., Vega, J.A., Rodríguez, F., Fernández, C., Vega-Nieva, D.J., Álvarez-González, J.G. & Ruiz-González, A.D. (2017). Validation of the remote sensing indices dNBR and RdNBR to assess fire severity in the Oia-O Rosal (Pontevedra) wildfire in 2013. *Teledetección*, 49, 49-61. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7137>
- Boca, R.T., Pérez, A. y Perelman, S.B. (2020). Variables explicativas que no pueden controlarse ni fijarse: ¿Funciona la regresión? *Ecología Austral*, 30(3), 344-353. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.3.0.1066>

- Botella-Martínez, M.A. y Fernández-Manzo, A. (2017). Estudio de la severidad postincendio en la comunidad valenciana comparando los índices dNBR, RdNBR y RBR a partir de imágenes Landsat 8. *Revista de Teledetección*, 49, 33-47. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7095>
- Capulín-Grande, J., Mohedano-Caballero, L. y Razo-Zarate, R. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 79-87.
- Canizalez-Velázquez, P.A., Alanís-Rodríguez, E., García-García, S.A., Olguín-Estrada, V.A. y Chávez-Costa, A. (2021). Estructura y diversidad arbórea de un bosque de galería urbano en el río Camachito, noreste de México. *Polibotánica*, 51(1), 91-105. <https://10.18387/polibotanica.51.6>
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). (2019). Incendios forestales. México. Consultado 25 de noviembre 2020. Disponible en <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/115.pdf>
- Chauchard, L.M., Maresca, L. y González-Peñalba, M. (2002). Método para evaluar el estado regenerativo de un rodal y su aplicación al manejo del bosque mixto de *Nothofagus Quebracho*. *Revista de Ciencias Forestales*, 9, 29-42.
- Chuvieco, E. (2019). *Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Ed Digital Reasons. Barcelona, España. 595 p.
- Comeau, P.G., White, M., Kerr, G. & Hale, S.E. (2010). Maximum density-size relationships for Sitka spruce and coastal Douglas-fir in Britain and Canada. *Forestry*, 83(5), 461-468. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq028>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2000). Regiones Terrestres Prioritarias de México: Pueblo Nuevo, Durango. Fecha de consulta: 23 de agosto 2020. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_056.pdf
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2014). Inventario Nacional Forestal y de suelos. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. Zapopan Jal., México. 143 p. Disponible en <https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/exte>
- [rmos/2022/DocumentosMetodologicos/2014/Anexo_procedimientos_muestreo_2014.pdf](https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/exte)
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2021). Reporte semanal nacional de incendios forestales. Coordinación General de Conservación y Restauración. Gerencia del Manejo del Fuego. Disponible en <https://www.gob.mx/conafor/documentos/reporte-semanal-de-incendios>
- Crotteau, J.S., Varner, J.M. & Ritchie, M.W. (2013). Post-fire regeneration across a fire severity gradient in the southern Cascades. *Forest Ecology and Management*, 287, 103-112. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.022>
- Curtis, J.T. & McIntosh, R.P. (1951), An upland forest continuum in the Prairie-Forest border region of Wisconsin. *Ecology*. 32(3), 476-496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Díaz-Hernández, D., Rodríguez-Laguna, R., Rodríguez-Trejo, D.A., Acevedo-Sandoval, O.A y Maycotte-Morales, C.C. (2014). Tolerancia al fuego de *Alnus arguta* (Schl.) Spach. y *Arbutus xalapensis* Kunth, en Singuilucan, Hidalgo. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1, 103-112.
- Erfanian, M. (2016). Modeling the effects of land use on water quality parameters using OLS and GWR multivariate regression methods in fars province watersheds. *Journal of Environmental Studies*, 42, 353-373. <https://doi.org/10.22059/jes.2016.58738>
- Giglio, L., Justicia, C., Boschetti, L. y Roy, D. (2015). MCD64A1 MODIS / Terra + Aqua Área quemada Mensual L3 Global 500m SIN Grid V006 [Conjunto de datos]. Procesos terrestres EOSDIS de la NASA DAAC. Consultado el 27 de julio de 2020 desde <https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD64A1.006>
- Giorgis, M.A., Cingolani, A.M. y Cabido, M. (2013). El efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las sierras de Córdoba, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(3-4), 493-513.

- <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v48.n3-4.7555>
- Godínez, M., Rodríguez, F.S., López, N.P. y Camposeco, J. (2016). Evaluación de la regeneración natural de tres especies coníferas en áreas de distribución natural en el altiplano occidental de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3, 2409-3459. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v3i1.I19>
- González, M.A., Schwendenmann, L., Jiménez, J. y Himmelsbach, L. (2007). Reconstrucción del historial de incendios y estructura forestal en bosques mixtos de pino encino en la Sierra Madre Oriental. *Madera y Bosques*, 13(2), 51-63. <https://doi.org/10.21829/myb.2007.1321228>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O.A., González-Tagle, M.A., Treviño-Garza, E.J. y Mora-Olivo, A. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137-146. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Hernández-Clemente, R.H., Navarro-Cerrillo, R.M.N., Hernández-Bermejo, J.E., Escuin-Royo, S., García-Ferrer, A. y Sánchez de la O.M. (2007). Regeneración y cambios de diversidad en grandes incendios a partir de imágenes satélite Landsat TM y ETM+. *Cuadernos de Investigación Geográfica/Geographical Research Letters*. 33, 85-100.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2021). Continuo de Elevaciones Mexicano. Consultado 2 oct. 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacione smex/>
- Keeley, J.E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18, 116-126. <https://doi.org/10.1071/WF07049>
- Lutes, D.C., Keane, R.E., Caratti, J.F., Key, C.H., Benson, N.C., Sutherland, S. & Gangi, L.J. (2006). *FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. I CD, I64.
- Magurran, A.E. (1988). Diversity indices and species abundance models. *Ecological diversity and its measurement*. Springer, Dordrecht. pp. 7-45 https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0_2
- Margalef, R. (1969). El ecosistema pelágico del Mar Caribe. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales. La Salle*, 29, 5-36.
- Márquez-Linares, M.A., Jurado, E. y López-González, C. (2005). Efecto del fuego en el establecimiento de *Arctostaphylos pungens* Hbk., en ecosistemas templados semihúmedos de Durango, México. *Madera y Bosques*, 11(2), 35-48. <https://doi.org/10.21829/myb.2005.1121255>
- Martínez, H.C. & Rodríguez, D.A. (2008). Species diversity after prescribed burns at different intensities and seasons in a highaltitude *Pinus hartwegii* forest. *Interciencia*, 33(5), 337-344.
- Marzano, R., Lingua, E. & Garbarino, M. (2012). Post-fire effects and short-term regeneration dynamics following high-severity crown fires in a Mediterranean forest. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 5(3), 93-100. <https://doi.org/10.3832/ifor0612-005>
- Matteucci, S.D. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación* (Vol. 22). Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Disponible en: https://aprobioma.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/03/metod_para_el_estudio_de_la_vegetacion_archivoI.pdf
- Méndez, O.C., Alanís, R.E., Jiménez, P.J., Aguirre, C.O.A. y Treviño, G.E.J. (2014). Análisis de la regeneración post-incendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. *Ciencia UANL*, 17(69), 63-70.
- Meneses-Tovar, C.L. (2011). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. *Unasylva*, 62(238), 39-46.
- Pellegrini, A.F.A., Anderegg, W.R.L., Paine, C.E.T., Hoffmann, W.A., Kartzinel, T., Rabin, S.S., et al. (2017). Convergence of bark investment according to fire and climate structures ecosystem vulnerability to future change. *Ecology Letters*,

- 20(3), 307–316. <https://doi.org/10.1111/ele.12725>
- Peña, M.A. y Martínez, G. (2019). Evaluación del impacto del incendio Nilahue-Barahona mediante índices espectrales ex-antes y ex-post. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 55(1), 1–11. https://doi.org/10.23854/07199562.2019551_Pena1
- Rodríguez-Trejo, D.A. y Fulé, P.Z. (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1), 23-37. <https://doi.org/10.1071/WF02040>
- Sampayo-Maldonado, S., Moreno-Aldaco, J.D., Lara-Ponce, E. y Piña-Ruíz, H.H. (2021). Diversidad y estructura del bosque de galería del río Fuerte, Sinaloa, México: Diversidad del Bosque del río Fuerte. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1-13. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.3046>
- Santiago, D.M., Cruz, P.C., Hernández, E.F., Trinidad, A.G., Barrios, R.O., Santiago, O.L.C., Aparicio C.I., Sandoval G.C. (2021). Guía de densidad para el manejo de rodales naturales de *Pinus rudis* Endl. en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(64), 23-44. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i64.822>
- Schröter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I.C., Araújo, M.B., Arnell, N.W., Bondeau, A., Bugmann, H., Carter, T.R., Gracia, C.A., Erhard, M., Ewert, F., Glendining, M., House, J.I., Kankaanpää, S., Klein, R.J., Lavorel, S., Linder, M., Metzger, M.J... Zierl B. (2005). Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310(5752), 1333-1337. <https://doi.org/10.1126/science.1115233>
- Scott L. M., y Janikas M. V. (2009). *Spatial statistics in ArcGIS. Handbook of applied spatial analysis. Software tools, methods and applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg Spatial statistics in ArcGIS.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 397-423 and 623-656.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688-688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Soto E.E. (2013). Regresión ponderada geográficamente para el estudio de la temperatura superficial en Medellín, Colombia. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Investigación, Desarrollo y Práctica*, 6(3), 42-53.
- Tamarit-Urias, J.C., Quiñonez-Barraza, G. y Hernández-Ramos, J. (2020). Aspectos metodológicos para generar diagramas de manejo de la densidad de rodales con base en el índice de Reineke. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61), 4-26. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.728>
- Van De Water, P.K., Leavitt, S.W. & Betancourt, J.L. (2002). Leaf $\delta^{13}C$ variability with elevation, slope aspect, and precipitation in the southwest United States. *Oecologia*, 132, 332-343. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0973-x>
- Vega, J.A., Fernández, C., Pérez-Gorostiaga, P. y Fonturbel, T. (2010). Respuesta del reclutamiento de pino marítimo (*Pinus pinaster* Ait.) a la severidad del fuego y manejo post-incendio en una zona costera quemada en Galicia. *Ecología Vegetal*, 206, 51-63.
- Viana-Soto, A., Aguado, I. y Martínez, S. (2017). Assessment of post-fire vegetation recovery using fire severity and geographical data in the mediterranean region (Spain). *Environments*, 4(4), 90. <https://doi.org/10.3390/environments4040090>
- Zavala C. F. (2001). *Introducción a la ecología de la regeneración natural de encinos*. Universidad autónoma de Chapingo. Texcoco México. 94 p.

BIOENSAYO EXPLORATORIO DE UN EXTRACTO BOTÁNICO SOBRE *Diaphorina citri*
Kuwayana (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EN CAMPECHE, MÉXICO

EXPLORATORY BIOASSAY OF A BOTANICAL EXTRACT ON *Diaphorina citri* Kuwayana
(HEMIPTERA: LIVIIDAE) IN CAMPECHE, MEXICO

Noel Antonio González-Valdivia¹, Enrique Arcocha-Gómez², Loreti Guadalupe Pech-May³,
Bernardino Candelaria-Martínez⁴, Alicia Eugenia Puertovannetti-Arroyo⁵, §Josue Israel Dzib-Chan⁶,
Diego Armando May-Ayil⁷, Ofelia Guadalupe Angulo-Balán⁸

Tecnológico Nacional de México (TecNM). Campus Instituto Tecnológico de China. Campeche,
Campeche. México. §Autor de correspondencia: (M23830122@china.tecnm.mx).

RESUMEN

La citricultura es uno de los principales cultivos de importancia en México, que desde 2002, es afectada por el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama), vector del microorganismo causante del Huanglongbing o HLB, *Candidatus* Lateribacter, causante de severas pérdidas en rendimiento y muerte de plantaciones. El control de esta plaga es predominantemente mediante insecticidas químicos de alto espectro, potencialmente dañinos al ser humano, organismos benéficos y al medio ambiente. Ante esta situación, se exploró en bioensayo experimental, la efectividad de diferentes dosificaciones de extracto botánico crudo (acuoso) con base en hojas de canela che (*Canella winterana*), aplicados sobre estados inmaduros del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri*, (PAC), en brotes nuevos de Limón Persa (*Citrus x latifolia*). Como resultado principal se determinó que tanto la mortalidad como la supervivencia difirieron significativamente en función de la dilución del extracto acuoso madre (EAC) utilizado ($p < 0.05$). El abatimiento del PAC fue superior al 50 % después de 48 h de exposición al EAC tanto a la dilución del 30 % (EAC 30 %) como del extracto acuoso madre sin diluir (EAC:100 %). Menores diluciones del EAC no superaron al testigo (agua). La evidencia de las dosificaciones del extracto de canela che efectivas contra esta plaga, constituyen una base importante en el avance del desarrollo de alternativas viables y equiparables al control químico convencional, para

el manejo integrado de plagas (MIP) mediante recursos locales.

Palabras clave: efectividad, huanglongbing, insectos de cuerpo blando, plaguicida botánico, trópico

ABSTRACT

The citriculture is important in Mexico as one of the main crops that, since 2002, has been affected by the Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama), vector of the microorganism that causes Huanglongbing or HLB, *Candidatus* Lateribacter, causing severe losses in yield and death of plantations. The control of this pest is predominantly through high-spectrum chemical insecticides, potentially harmful to humans, beneficial organisms and the environment. Given this situation, the effectiveness of different dosages of crude botanical extract (aqueous) based on cinnamon leaves (*Canella winterana*), applied to immature stages of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, (PAC), on new shoots of Persian lemon (*Citrus x latifolia*). The main result was that both mortality and survival differed significantly depending on the dilution of the aqueous mother extract (EAC) used ($p < 0.05$). The PAC knockdown was greater than 50 % after 48 hours of exposure to the EAC both at the 30 % dilution (EAC 30 %) and the undiluted aqueous mother extract (EAC:100 %). Lower dilutions of the EAC did not exceed the control (water). The evidence of the effective dosages of pepper cinnamon

extract against this pest constitutes an important basis for the advancement of the development of viable and comparable alternatives to conventional chemical control, for integrated pest management (IPM) through local resources.

Index words: effectivity, huanglongbing, soft body insects, botanical plaguicide, tropic.

INTRODUCCIÓN

En México la citricultura es una actividad de importancia económica, sin embargo, se encuentra en constante riesgo, por la presencia de plagas y enfermedades (Serdo y Degaga, 2023; Pérez et al., 2025). Desde 2002 la producción de cítricos es afectada por el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayana), en adelante PAC, insecto plaga que afecta la fisiología de los cítricos, entre ellos el limón persa, en las plantas PAC es el vector de *Candidatus Liberibacter*, agente causal de la enfermedad Huanglongbing o HLB (Cázares et al., 2014; Leong et al., 2022). La transmisión del HLB puede reducir más del 50 %, los rendimientos de distintos cítricos (Manzanilla-Ramírez et al., 2022).

El manejo de esta plaga se basa principalmente en el uso de químicos de síntesis industrial, dentro de los cuales están los neonicotinoides (Imidacloprid) y la abamectina (avermectina derivada de la lactona producida por *Streptomyces avermitil*), actualmente existe la dependencia en el uso del imidacloprid, para disminuir población tanto adultas y ninfas en los cítricos (Burg et al. 1979; Vázquez-Quintal et al., 2022; INDIAPAC, 2021; Perales-Rosas et al., 2024). Sin embargo, el uso de estos agrotóxicos en la agricultura moderna, principalmente los de alto espectro, conlleva potenciales afectaciones al humano, al ambiente y a la biodiversidad benéfica, así como, por su mal uso, a la aparición de resistencia en los insectos (Gabriel-Ortega et al., 2023; Arciniega y Fontalvo-Buevas, 2024; Chakwanda et al., 2024; Quintero et al., 2024).

Una alternativa para el manejo integrado del PAC se encuentra en el uso de extractos botánicos,

que contengan metabolitos secundarios que afecten a este insecto vector. Entre los metabolitos secundarios con efecto plaguicida destacan los terpenos, fenoles y alcaloides (Mesa et al., 2019). Algunos extractos botánicos han resultados efectivos como repelentes e insecticidas sobre PAC, particularmente el ajo (*Allium sativum* L.), el aceite de orégano (*Lippia graveolens* Kunth), neem (*Azadiractha indica* A. Juss.), cebolla (*Allium cepa* L.) y aceite de semillas de *Jatropha curcas* L. (Cázares et al., 2014; Orozco-Santos et al., 2016). Por otro lado, corteza y hojas de la canela che o canela blanca, *Canella winterana* (L.) Gaertn. árbol nativo de la cuenca del caribe en México, se han obtenido componentes de tipo monoterpenos (canelal, eugenol, eucaliptol) y sesquiterpenoide (drimane), que pueden tener efectos insecticidas, repelentes de plagas o de desinfección microbiana (Claudio-Campos et al., 2015; González-Valdivia et al., 2024). Aunque, el uso de estos componentes obtenidos de formas distintas, con diferentes partes de las plantas ejercen menor daño en el ecosistema, aunque a menudo de acción lenta y difícilmente ejerce resistencia en las plagas (Zelaya-Molina et al., 2022). El uso de extracto de hojas de canela es pionero sobre plagas de cuerpo blando.

En este sentido, esta investigación tiene como objetivo evaluar la mortalidad y supervivencia a base de distintas concentraciones de extracto acuoso elaborado a partir de canela che (*C. winterana*) sobre ninfas de *D. citri* en brotes tiernos de limón persa (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) en condiciones de bioensayo en Chiná, Campeche, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se condujo en el área de bioensayos del Laboratorio de Agroecología y Agricultura Orgánica Sustentable (LAAOS), en el Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Chiná, ubicado en el ejido Chiná, municipio de Campeche, Campeche, México. La prueba se realizó bajo condiciones

controladas y en confinamiento. El material vegetal necesario para elaborar los extractos se cosechó de una plantación de *Canella winterana* de dos años ubicado en coordenadas UTM: N 2188266 y E 0761661.

Elaboración de extracto botánico

El extracto botánico se preparó a partir de hojas de canela che, obtenidas en campo, se colectaron 30 g de hojas frescas aproximadamente, dividiendo a la planta en tres secciones a lo largo del eje longitudinal del tallo (zona apical, zona media y zona baja del follaje en la planta), con lo cual se buscó la mejora en la representatividad de la muestra para la elaboración del extracto. Se tomó la misma cantidad de hojas en cada sección de la planta, se depositaron dentro de bolsas de papel estraza para su traslado al LAAOS.

De acuerdo a la metodología de González-Valdivia et al. (2017) se midió la biomasa de las hojas frescas con el uso de una báscula analítica Velab VE-303 y la cantidad de agua para una proporción 1:1 (masa: masa) en relación de biomasa vegetal – agua. Las hojas y el agua se agregaron dentro de un mortero de cerámica, donde se maceraron con pistilo, facilitando así la extracción del contenido de sustancias activas (metabolitos) de los tejidos hacia el agua. Se eligió este método por ser de fácil transferencia a los productores. Terminada la maceración, se dejó reposar por 24 h, cubriendo el recipiente con papel aluminio y manteniéndola en refrigeración para minimizar la volatilización de compuestos a partir del extracto acuoso madre. Se utilizó papel filtro para café (Melitta) por la accesibilidad y sencillas para los productores y así, eliminando el sobrenadante o residuos sólidos suspendidos y así se obtuvo el extracto acuoso madre.

Los tratamientos experimentales consistieron en tres diluciones del extracto acuoso madre en agua (3, 10, 30 % de extractos acuoso madre/agua), así como la aplicación del extracto acuoso puro (100 % sin diluir) y un testigo absoluto (solo agua). Las cantidades del extracto acuoso madre y agua fueron obtenidas mediante

micropipetas (JOANLAB de 20-200 y 100-1000 μ L). Entonces, cada tratamiento fue depositado en un atomizador individual de 30 mL de capacidad, debidamente identificado y se resguardó en frío hasta su uso. La calibración del atomizador se llevó a cabo con agua y activando repetidamente ($n = 20$) el aplicador. Se midió en cada caso el volumen de entrega, determinando en 0.20 mL el promedio por aspersion. De esta forma se estimó la aplicación de tres aspersiones para el recubrimiento total de brotes de limón persa a una distancia de 8 cm a 10 cm y ángulo de 45° con respecto a la superficie.

Obtención de insectos plaga a trabajar

Los psílidos para el estudio (*D. citri*) se obtuvieron de brotes nuevos de limón persa (*Citrus × latifolia*), que contenían todos los estadios ninfales sin diferenciar, a excepción de los huevos y pupas de esta plaga procedentes de una plantación del área de producción del Instituto Tecnológico de Chiná, ubicada a coordenadas UTM: N 2187969 y E 0761524. En esta se colectaron los brotes nuevos y se trasladaron en contenedores plásticos al área de bioensayos del LAAOS.

Bioensayo de aplicación de extractos botánicos acuosos experimentales

Los brotes nuevos de limón persa se introdujeron en cajas Petri, con una mota de algodón humedecida con agua adherida al extremo del pecíolo, para mantenerlos turgentes durante el tiempo de bioensayo (48 h). Una vez establecidos los brotes dentro de las cajas Petri, se aplicaron los tratamientos experimentales dirigiendo, mediante atomizadores, un volumen de 0.60 mL por caja, y así, las diferentes dosificaciones experimentales del extracto madre (diluciones acuosas). Después de 48 h se contabilizó el número de ninfas vivas y muertas por cada tratamiento, en promedio la temperatura se encontraba a 24° C. Las ninfas del PAC se identificaban muertas al ser punzadas o volteadas con un alfiler, no respondían y permanecían inmóviles. De lo contrario, se contabilizaban como vivas. De esta manera y con base en el número promedio inicial de ninfas presentes en los brotes, se estimaron las

proporciones de mortalidad y supervivencia porcentuales para cada tratamiento sometidos a las concentraciones del extracto acuoso madre de canela che y el testigo.

Diseño experimental y análisis de datos

Se condujo el bioensayo en un diseño completamente al azar (*DCA*), con cuatro repeticiones para el testigo absoluto (agua) y al nivel de 100 % de extracto acuoso botánico madre respectivamente, así como tres repeticiones para los niveles de 3, 10 y 30 % de extracto diluido en agua. Las repeticiones por cada tratamiento difirieron conforme a la disponibilidad de brotes nuevos de limón infestados con *PAC*, al momento de establecer el bioensayo.

Se verificó la homocedasticidad y normalidad de los datos transformados mediante el método Box-Cox (Osborne, 2010), así como la no colinealidad entre población inicial y las variables de mortalidad y supervivencia del *PAC* por la ausencia de correlación y regresión significativas. Luego se realizó el análisis de varianza de una vía, para comparar los efectos principales de los tratamientos ($\alpha = 0.05$), considerando como variables la supervivencia y la mortalidad de los estados inmaduros del *PAC*. Los porcentajes de mortalidad y de supervivencia expuestos a las distintas concentraciones del extracto acuoso fueron contrastados entre sí y respecto al testigo mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todas las pruebas se realizaron en el programa PAST 4.07 (Hammer et al., 2001). También, se aplicó la fórmula de Abbott para obtener mortalidad corregida (Abbott, 1925): % mortalidad corregida, T_s es el porcentaje de individuos sobrevivientes en el tratamiento con el extracto acuoso y C_s es el porcentaje de sobrevivientes en el control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de mortalidad presentaron una distribución normal (Shapiro-Wilk, $W = 0.92$, p

$= 0.20$) y homocedasticidad (Levene, $p = 0.25$) con diferencias significativas ($F = 5.934$, $p = 0.009$) atribuibles al efecto de una de las diluciones del extracto acuoso de canela che.

El efecto del extracto acuoso de canela sobre el *PAC*, como una prueba preliminar a nivel de bioensayo, resultó efectiva con base en la mortalidad de la plaga, particularmente bajo el efecto de las dosis del extracto acuoso al 100 % (extracto madre), seguido de la dilución al 30 %, que superaron la mortalidad observada en los tratamientos restantes (Tukey, $p < 0.05$). Estos tuvieron un menor efecto en el *PAC*, incluso por debajo de la mortalidad bajo el testigo (agua). En la **Figura I** se muestra el porcentaje de mortalidad y supervivencia del *PAC* atribuidos a los extractos.

La mortalidad demostrada por el extracto EAC 100 % resultó relativamente alta, dado que supera la obtenida por el aceite esencial de orégano (*L. graveolens*) al 4 %, observada por Cázares et al. (2014). Por otro lado, considerando la alta infestación inicial del *PAC* en este experimento en comparación con el de Orozco-Santos et al. (2016), se puede considerar como prometedor a nivel bioensayo con el uso del extracto de canela che al ser sensibles los estados inmaduros de *D. citri* a este, debido a que alcanzo valores de abatimiento de la plaga semejante a los obtenidos por esos autores. Los resultados del uso del extracto de canela che fueron equiparables para el manejo del *PAC*, con el de caldo sulfocálcico, con distintas dosis (0.15, 0.25, 0.35, 0.45 y 0.5 %) probadas por Restrepo-García y Soto-Giraldo (2017), por lo tanto, útiles para implementarse en el sistema manejo integrado de plagas (*MIP*) para el control de esta plaga en los cítricos. Aunque el uso de una dosis al 30 % alcanzó una mortalidad del 50 %, es implementable cuando se presenta poblaciones iniciales en estados inmaduros, efecto similar se observó con el uso de *Eugenia lindahlii* al 2.5 % representando un porcentaje de mortalidad del 50 % (Taveras-Macarrulla et al., 2020).

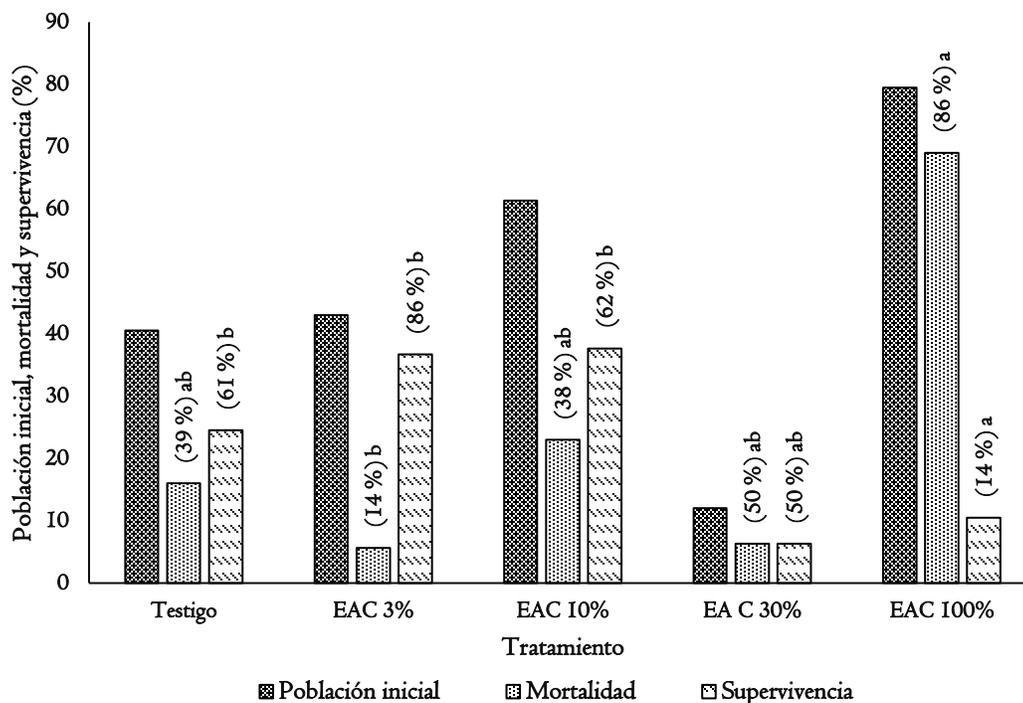


Figura I. Porcentaje de mortalidad y supervivencia de *Diaphorina citri* bajo el efecto diferentes concentraciones de extracto acuoso de canela (EAC) de *Canella winterana* en condiciones de confinamiento. Letras distintas por variable indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

La supervivencia de estados inmaduros del *PAC* también resultó estadísticamente distinta ($F = 6.819, p = 0.004$), con una distribución normal (Shapiro-Wilkinson $W = 0.895, p = 0.056$) y homocedasticidad de varianza (Levene, $p = 0.18$). En la **Figura I** se pueden observar las categorías estadísticas en que se separan los efectos de los extractos acuosos y el testigo (agua) según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los mejores efectos se observan bajo los extractos madre y dilución del 30 % del extracto madre en agua. Los demás extractos resultaron iguales al testigo.

Con la aplicación de la fórmula Abbott para la mortalidad corregida, se obtuvo una mortalidad (77 % y 18 %) con el extracto sin diluir al 100 % y el extracto diluido al 30 %, sin embargo, el extracto al 10 % y 3 % no presentaron una mortalidad superior (-1 % y -41 %) al testigo (agua).

Los resultados antes descritos constituyen una evidencia de que el extracto acuoso con base en maceración de hojas de *C. winterana*, puede constituir una alternativa para el manejo del *PAC*, posiblemente por el efecto de algunos de los 27 compuestos, predominantemente sesquiterpenoides, que contienen las hojas (Abaul et., al 1995). Por ejemplo, algunos sesquiterpenos interviene en la inhibición de la fosforilación oxidativa en mitocondrias (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003), y pueden, probablemente, afectar el metabolismo de *PAC* en sitios altamente sensibles de este insecto como la ruta de la pentosa fosfato y en la tensión de oxígeno en la hemolinfa (López-Arroyo et al., 2022).

En las hojas de *C. winterana* predomina el mircenos estrechamente relacionado con el isopreno (C5) que es un principio activo como plaguicida (Bartoň et al., 1982). Estos tipos de metabolitos secundarios se consideran como parte

de las defensas naturales de las plantas frente a los fitófagos, por lo cual resultan potencialmente útiles en el desarrollo de insecticidas botánicos. La presencia del mirceno en la canela che posiblemente explique los resultados obtenidos, particularmente en los brotes expuestos al extracto madre acuoso (EAC 100 %) y a la dilución EAC 30 %, procedente de las hojas de este árbol donde la cantidad de este metabolito alcanza más del 30 % del total de aceites esenciales contenidos en dicha estructura vegetal (Setzer, 2007).

Los extractos acuosos actuaron sobre los estadios inmaduros (ninfas) del ciclo de vida del PAC, causando mortalidad de moderada (14, 38, 50 %) a alta 86 % en EAC 3, 10, 30 y 100 % respectivamente. Estos resultados confirman que la presencia de metabolitos como principios activos anti alimentarios o nocivos a la fisiología, así como la menor generación de resistencia en los organismos plagas (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003), resultan convenientes en el manejo de estas.

Este resultado evidencia, el efecto sobre la mortalidad en los estadios de ninfa bajo condiciones de bioensayo, por la constitución de metabolitos secundarios presentes en esta planta sobre esta plaga, además, se vuelve un insecticida alternativo y orgánico, sin embargo, no se descarta su prueba en otras condiciones de bioensayo, considerando su durabilidad en condiciones externas previa a utilizarse en campo, aunque no se descarta un sustituto para los insecticidas sintéticos, como lo sugerían tempranamente Al-Said et al. (1989) y Abaul et al. (1995) y resultan ser menos dañinos, igual una alternativa viable para su implementación en sistemas de manejo integrado de plagas (MIP) (Gío-Trujillo y Cámara-Romero, 2023).

CONCLUSIONES

El extracto acuoso de la hoja de canela che, *Canella winterana*, permite el surgimiento de nuevas alternativas para el manejo ecológico de esta plaga, así como la disminución potencial de la dependencia de los insecticidas sintéticos y sus

potenciales daños. Las diluciones superiores o iguales al 30 % de extracto acuoso madre (proporción 1:1 en biomasa de hojas verdes: agua) en agua pura, permitió la obtención de una posible herramienta de manejo botánico de *Diaphorina citri*, de bajo costo, eficiente, fácil de elaborar y con base en una planta disponible en las selvas conservadas de comunidades rurales, en Campeche, México.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado al proyecto Clave: 19789.24-P. Al Campus Instituto Tecnológico de Chiná por las facilidades prestadas.

REFERENCIAS

- Abaul, J., Udino, L., Bourgeois, P. & Bessière, J. M. (1995). Composition of the Essential Oils of *Canella winterana* (L.) Gaertn., *Journal of Essential Oil Research*, 7(6), 681-683. <https://doi.org/10.1080/I04I2905.1995.9700530>
- Al-Said, M. S., Khalifa, S. I. & El-Feraly, F. S. (1989). 4,13-a-Epoxymuzigadial, a sesquiterpene from *Canella winterana*. *Phytochemistry*, 28(1), 297-29. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(89\)85068-X](https://doi.org/10.1016/0031-9422(89)85068-X)
- Arciniega, G. M. A. y Fontalvo-Buelvas, J. C. (2024). Conductas de riesgo asociadas al manejo de plaguicidas químicos por parte de agricultores del norte de Sinaloa, México. *Perspectivas Rurales Nueva Época*. 22(43), 1-22. <http://doi.org/10.15359/prne.22-43.6>
- Bartoň, J., Kašpar, M. & Růžička, V. (1982). Kinetics of the anionic coordination dimerization of isoprene. *Collection Czechoslovak Chemical Communications*, 47, 594-602. <https://doi.org/10.1135/cccc19820594>
- Burg, R. W., Miller, B. M., Baker, E. E., Birnbaum, J., Currie, S. A., Hartman, R., Kong, Y., Monaghan, R. L., Olson, G., Putter, I., Tunac, J. B., Wallick, H., Stapley, E., Oiwa, R. &

- Omura, S. (1979). Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 15(3), 361-367.
- Cázares, N. P., Verdes, M. J., López, J. I. & Almeyda-León, I. H. (2014). Evaluación de diferentes extractos vegetales contra el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 40(1), 67-73.
- Chakwanda, M. A., Chenge, P. T., Baloyi, N., Tamburayi, G. L., Muchangana, M., Jarbah, P., Rera, A. & Sahoo, J. P. (2024). Green Revolution: The catalyst for agricultural transformation. *Vigyan Varta*, 5(4), 294-302. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16649.45920>
- Claudio-Campos, K., Hernández-Rivera, J., Rivera-Gutiérrez, J., Ortiz-Rivera, I., Carvajal-Vélez, A., Pérez-Torres, M., Pagán-Ortiz, M., & Ospina-Millán, C.A. (2015). Biological screening of select Puerto Rican plants for cytotoxic and antitumor activities. *Puerto Rico Health Sciences Journal*, 34(1), 25-30.
- Gabriel-Ortega, J., Ávila-Demera, J., Ayón-Villao, F., Morán-Morán, J., Álvarez-Plúa, A. y Flores-Ramírez, H. (2023). Utilización de plaguicidas por agricultores en Puerto La Boca, Manabí. Una reflexión sobre sus posibles consecuencias. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 47-65. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100044>
- Gío-Trujillo, J. A. y Cámara-Romero, J. L. (2023). Efecto repelente de tres extractos vegetales sobre plagas del cultivo de *Capsicum Chinense*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(3614), 1-9. <https://doi.org/10.19136/era.a10n11.3614>
- González-Valdivia, N. A., García Lanz, J. L., Arcocha-Gómez, E., Lee-Borges, B. M., Sandoval-Pech, P. C., González-Lazo, E., & Dzib-Castillo, B. B. (2024). Aspectos ecológicos, morfológicos y fenológicos de *Canella winterana* (L.) Gaertn. (Canellaceae) en Calakmul, Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15(86), 5-30. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i86.1486>
- González-Valdivia, N. A., Martínez-Puc, J. F., Arcocha-Gómez, E., Casanova-Lugo, F., Burgos-Campos, M.A., Rodríguez-Puig, E., Rojas-Ehuan, E. & Echavarría-Góngora, E.J. (2017). Effectivity of three botanical crude extracts on immature of whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) under enclosure conditions. *Journal of Biopesticides*, 10(1), 71-76. <https://doi.org/10.57182/jbiopestic.10.2.71-76>
- Hammer Ø, Harper D.A.T. and Ryan P.D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 72(3), 418-36. http://palaeo-electronica.org/2001_I/past/issue1_01.htm
- INDIAPAC (Insecticidas del Pacífico). (2021). *Ficha Técnica Blanke 1.8 CE. Abamectina: Insecticida-Acaricida*. Insecticidas del Pacífico S.A. de C.V., Ciudad Obregón, Sonora, México. 5 p.
- Leong, S. S., Leong, S. C. T. y Beattie, G. A. C. (2022). Integrated Pest Management Strategies for Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) and Huanglongbing in Citrus for Sarawak, East Malaysia, Borneo. *Insects*, 13(960), 1-19. <https://doi.org/10.3390/insects13100960>
- López-Arroyo, J. I., Ortega-Arenas, L.D., Pérez-Zarate, L.A. y Villanueva-Jiménez, J.A. (2022). *Diaphorina citri* y huanglongbing. In: *Insectos y ácaros vectores de fitopatógenos: Estudios de caso en México*. Ortega-Arenas, L.D. (ed.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. pp. 185-239.
- Manzanilla-Ramírez, M. A., Velázquez-Monreal, J. J., Robles-González, M. M., Murillo-Hernández, J. E. y Villegas-Montier, A. (2022). Efectos fisiológicos de Huanglongbing en limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) injertado en *C. macrophylla*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(4), 1-13.

<https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2022-11>

- Mesa, V. A. M., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J. & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 23-30.
- Orozco-Santos, M., Robles-González, M., Hernández-Fuentes, L.M., Velázquez-Monreal, J.J., Bermúdez-Guzmán, M.J., Manzanilla-Ramírez, M., Manzo-Sánchez, G. & Nieto-Ángel, D. (2016). Uso de aceites y extractos vegetales para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama en lima mexicana en el trópico seco de México. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1051-1066. <http://dx.doi.org/10.3958/059.041.0405>
- Osborne, J.W. (2010). Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 15 (12), 1-9.
- Perales-Rosas, D., Valle-de la Paz, M., Michel-Michel, M. R., Veana-Hernández, F. & Leyva-Ovalle, O. R. (2024). Efectividad biológica de imidacloprid en el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en naranja (*Citrus sinensis* L.). *Agroindustrial Science*, 14(2), 131-136. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2024.02.05>
- Pérez L. O., Nava-Tablada, M. E. y Graillet-Juárez, E. M. (2025). La citricultura minifundista en Gutiérrez Zamora, Veracruz, México. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 9(1), 3178-3204. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16069
- Quintero L. A., Bravo I. M., Piloni. J. & López P. C. U. (2024). Problemática del uso de plaguicidas en el cultivo de nopal, opuntia ficus indica. Revisión. *Ciencia Latina Internacional*, 8(4), 801-811. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12321
- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H. & Rocha-Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363.
- Serdo, D.F. and Degaga E.G. (2023). The hidden world of insect-plant interactions: a review. *SINET: Ethiopian Journal of Science*, 46(3), 356-383. <https://dx.doi.org/10.4314/sinet.v46i3.12>
- Setzer, W.N. (2007) Chemical composition of the leaf essential oil of *Canella winterana* from Abaco Island, Bahamas. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10(6), 475-479. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2007.10643581>
- Taveras-Macarulla, R., Rodríguez-Peña, R. y Vásquez, M. (2020). Evaluación de la actividad insecticida de extractos acuosos de plantas de la familia Myrtaceae sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (psílido asiático). *Revista Agropecuaria y Forestal*, 9(1), 39-48.
- Vázquez-Quintal, P. E., Rodríguez-Vivas, R. I. y Muñoz-Rodríguez, D. (2022). Métodos analíticos para determinar lactonas macrocíclicas en diferentes tipos de matrices. Una revisión. *Química Nova*, 45(2), 178-193. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170818>
- Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., de los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 27, 69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>

SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO Y COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA CON BLOQUES NUTRICIONALES EN OVEJAS CRIOLLAS CHOCHOLTECAS

ESTRUS SYNCHRONIZATION AND DIETARY SUPPLEMENTATION WITH NUTRITIONAL BLOCKS IN CREOLE CHOCHOLTECA EWES

¹Eloina Díaz-Carbajal^{ORCID}, ^{1§}Teodulo Salinas-Ríos^{ORCID}, ¹Rafael Nieto-Aquino^{ORCID}, ¹Jorge Hernández-Bautista^{ORCID},
¹Héctor Maximino Rodríguez-Magadán^{ORCID}, ²Honorio Torres Aguilar^{ORCID}, ¹Magaly Aquino-Cleto^{ORCID}

¹Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. ²Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO). Facultad de Ciencias Químicas. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. [§]Autor de correspondencia: (salinas980@hotmail.com).

RESUMEN

La reproducción de los ovinos criollos Chocholtecos en condiciones de pastoreo en agostadero empieza con el inicio de las precipitaciones, se ha observado que hay ovejas que paren cuando ya no hay forraje o existe frío extremo, lo que compromete la sobrevivencia de los corderos. La sincronización de estros o complementación con bloques nutricionales puede ser una alternativa para reducir este problema. Se evaluó el efecto del consumo de bloques nutricionales (BN) y la sincronización del estro en ovejas criollas Chocholtecas en pastoreo en agostadero. Las ovejas se dividieron en cuatro tratamientos, TT: testigo (n = 9); TC: TT + complementación con BN (n = 8); TS: TT + sincronización de estros (n = 8) y TCS: TC+TS (n = 8). El BN se formuló con 21.43 % de proteína cruda y 2.68 Mcal kg⁻¹ de energía metabolizable y se proporcionó durante 64 días. La sincronización se realizó con dispositivos intravaginales impregnados de progesterona. Para comparar el peso corporal de las ovejas se utilizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM y para el porcentaje de gestación la prueba estadística de Ji-Cuadrada ($\alpha \leq 0.05$). El consumo diario promedio por oveja de BN fue de 272 g/día y 234 g/día para el TC y TSC, respectivamente. El peso vivo fue mayor ($p \leq 0.05$) en los TS, TC y TSC respecto al TT. En el porcentaje de gestación no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Complementar la alimentación con BN incrementa el peso corporal de las ovejas y sincronizar el estro no mejora el porcentaje de gestación, sin embargo, ambas estrategias permiten que los partos se presenten en la temporada de mayor disponibilidad de forraje.

Palabras clave: dispositivos intravaginales, gestación, ovinos, pastoreo en agostadero, peso corporal.

ABSTRACT

The reproduction of Chocholtecas creole ewes under pasture grazing conditions begins with the onset of rainfall; it has been observed that some ewes lamb when there is no more forage or extreme cold, which compromises the survival of the lambs. Synchronization of estrus or supplementation with nutritional blocks can be an alternative to reduce this problem. The effect of nutritional block (BN) consumption and estrus synchronization was evaluated in Chocholteca creole ewes grazing on pasture. Ewes were divided into four treatments, TT: control (n = 9); TC: TT + BN supplementation (n = 8); TS: TT + estrus synchronization (n = 8) and TCS: TC+TS (n = 8). The BN was formulated with 21.43 % crude protein and 2.68 Mcal kg⁻¹ metabolizable energy and was provided for 64 days. Synchronization was performed with progesterone-impregnated intravaginal devices. An analysis of variance with PROC GLM procedure

was used to compare ewe body weight and for gestation percentage the Chi-Square statistical test ($\alpha \leq 0.05$) was used. The average daily consumption per ewe of BN was 272 g/day and 234 g/day for TC and TSC, respectively. Live weight was higher ($p \leq 0.05$) in the TS, TC and TSC with respect to the TT. In gestation percentage, no differences were found between treatments ($p > 0.05$). Supplementing feed with BN increases ewe body weight and synchronizing estrus does not improve gestation percentage, however, both strategies allow lambing to occur in the season of higher forage availability.

Index words: intravaginal devices, gestation, sheep, pasture grazing, body weight.

INTRODUCCIÓN

En México los ovinos se manejan en sistemas de producción intensivo, semi-intensivo y extensivo. En Oaxaca, específicamente en la región de la Mixteca la producción ovina se basa en el sistema extensivo, las ovejas son pastoreadas en agostaderos de uso común utilizando la mano de obra familiar, la producción se destina principalmente al comercio local y el autoconsumo (Hernández-Bautista et al., 2022). En esta zona existe un rebaño de ovinos de no más de 100 ejemplares con características físicas diferentes a las demás razas, por medio de análisis genéticos se ha determinado que no presentan cruzamiento con otras razas por lo que se consideran criollos, los productores proponen que se denominen “Chocholtecos” (Salinas-Ríos et al., 2021). Estos ovinos han sobrevivido en los agostaderos del municipio de Coixtlahuaca, Oaxaca, los cuales tienen alto grado de erosión en sus suelos, deforestación severa, con escasez de agua sobre todo en la temporada de calor (marzo-mayo), la temporada de lluvias es corta (junio-septiembre) y errática con una precipitación pluvial anual en promedio de 434 mm (CONAGUA, 2025), la disponibilidad de forraje en los agostaderos está determinada por la duración de la precipitación pluvial. En la temporada de estiaje los ovinos pierden condición corporal, por lo tanto, su

reproducción inicia con la llegada de las precipitaciones; sin embargo, existen ovejas que tardan más tiempo en quedar gestantes y paren cuando escasea el forraje en el agostadero, comprometiendo la alimentación del cordero, por ello, es necesario buscar alternativas alimenticias para complementar la nutrición de estos ovinos (Rodríguez-Magadán et al., 2020). La complementación alimenticia adecuada mejora la condición corporal (CC) de las hembras, se regularizan los ciclos estrales e incrementa la tasa de ovulación, además implementar un manejo nutricional adecuado en la fase de transición entre el anestro y la etapa reproductiva mejora los parámetros reproductivos (Menassol et al., 2012). Las alternativas de complementación de la alimentación, como los bloques nutricionales (BN), que son fuente de energía y nitrógeno no-proteico a bajo costo, mejoran el estado nutricional de los ovinos y por ende la productividad del rebaño (Kawas, 2008). Por otro lado, el uso de fármacos hormonales permite programar los partos en periodos con la mayor disponibilidad de forraje en los agostaderos y ofrecer corderos con mejores precios a la demanda del mercado (Hernández-Marín et al., 2023). Por lo cual, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del consumo de bloques nutricionales y la sincronización del estro en el incremento de peso vivo, respuesta al estro de las ovejas criollas Chocholtecas pastoreadas en agostadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo por un periodo de 64 días al inicio de la temporada de lluvias (01 de junio a 04 de agosto de 2022), se realizó en una Unidad de Producción Familiar de la localidad de San José La Estancia, San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca, México (N 17°39'48.038" O 97°16'33.794"), con una altitud de 2443 m, clima templado subhúmedo y con precipitaciones pluviales en verano (Juárez, 2008).

Animales del estudio

Se utilizaron 33 ovejas criollas Chocholtecas múltiparas en edad reproductiva (2-4 años de edad) y en fase de anestro, con un peso promedio de 19.87 ± 2.43 kg y una condición corporal de 2 (escala de 1 a 5; Romero, 2015). Se desparasitaron y vitamizaron previamente con L-Vermisol vitaminado®, para descartar gestación se realizó una ecografía transrectal con un equipo de ultrasonido Chison Eco 3 y un transductor de 10 Mhz; además, se corroboró que las ovejas se encontraban en anestro, para lo cual se realizaron dos muestreos sanguíneos con un intervalo de siete días, determinando los niveles de progesterona sérica por medio de un ensayo inmunoenzimático (ELISA), en los cuales se obtuvieron concentraciones menores a 1 ng mL^{-1} lo que es indicativo de un estado de anestro.

Diseño experimental

Cada oveja constituyó una unidad experimental y se distribuyeron en cuatro tratamientos tomando en cuenta el peso inicial de las ovejas para homogeneizar los lotes: 1) Testigo (TT, n = 9, 2), Complementado (TC, n = 8), con BN a libre acceso, 3) Sincronizado (TS, n = 8), con CIDR® sin complementación de BN y 4), Sincronizado-complementado (TSC, n = 8) con CIDR® y BN. Posterior al pastoreo, las ovejas se separaban en cuatro corrales de acuerdo con los tratamientos para el consumo de BN y observar signos del estro. La complementación con BN se llevó a libre acceso durante el encierro nocturno (6:00 pm a 10:00 am) por un periodo de 64 días.

Alimentación

La alimentación de las ovejas consistió en pastoreo en agostadero durante 8 h al día en promedio (10:00 am a 6:00 pm) y agua a libre acceso. En los tratamientos que recibieron complementación alimenticia se utilizaron bloques nutricionales (BN) los cuales se formularon con 21.43 % de proteína cruda, 3.75 % de fibra cruda y 2.68 Mcal/kg de energía metabolizable, a base de maíz (25.5 %), pasta de soya (26 %), alfalfa (5.85 %), urea (1.8 %), sales minerales (3.45 %), cal (4.2 %) y melaza (33.2 %). Se registró diariamente el

consumo de BN, pesando lo suministrado menos el sobrante. El consumo promedio de BN se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de bloque} = \frac{\text{Bloque ofertado} - \text{Bloque sobrante}}{\text{Número de ovejas}}$$

Las ovejas se pesaron en ayunas al inicio, durante (día 20) y al final del estudio con una báscula digital colgante (Hongzer® 50 kg). Para un diagnóstico inicial del estado corporal, se determinó la condición de manera subjetiva por medio de la palpación de las apófisis transversas de las vértebras lumbares (escala de 1-5).

Sincronización del estro

La sincronización de estros en el TS y TCS comenzó siete días después de iniciada la complementación con bloques nutricionales. Se utilizó un protocolo de 11 días con dispositivo intravaginal CIDR® (Control Internal Drug Release) impregnado de progesterona (0.3 g), 24 horas después de retirar el dispositivo se detectaron los estros por un lapso de 30 minutos a intervalos de 4 h durante 72 h, el inicio del estro se determinó cuando la hembra permitió la monta. Se utilizaron 4 machos con previa evaluación seminal positiva. Se dieron 2 montas con intervalo de 12 h. El retorno al estro se detectó dos veces al día (mañana y tarde) entre 15 a 18 días posteriores de efectuado el apareamiento. Para los grupos que no estuvieron bajo el esquema de sincronización, la manifestación del estro y montas se determinaron por observación visual de la receptividad sexual por las tardes en el corral de descanso. Se realizaron dos diagnósticos de gestación por medio de ultrasonografía transrectal, a los 45 días después de las montas producto de la sincronización del estro y 45 días después de finalizada la complementación alimenticia.

Análisis de datos

Para determinar el efecto del tratamiento sobre el porcentaje de gestación y la respuesta al estro se utilizó la prueba de independencia (χ^2 , $\alpha = 0.05$) por medio del PROC FREQ de SAS. Para comparar el peso corporal de las ovejas entre tratamientos se utilizó análisis de varianza por

medio del PROC GLM ($\alpha = 0.05$) y la prueba de medias de diferencia mínima significativa. En la variable peso se tomó el peso inicial como covariable (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que durante el periodo del estudio el TC presentó un rango de consumo de BN de 0 a 679 g/día como máximo y un consumo promedio de 272 g/día por oveja y de 234 g/día en el TCS, los cuales se muestran en la Figura I. Los promedios obtenidos del consumo de BN por las ovejas criollas Chocholtecas son mayores a los 58 g/día, reportado por Taylor et al. (2002) en ovejas gestantes Targhee las cuales se alimentaron en pastizales invernales del suroeste de Montana Estados Unidos y a los registrados por Vázquez-Mendoza et al. (2012) quienes obtuvieron un promedio de consumo de 133 g/día en ovinos en pastoreo continuo en pastizales nativos. Este mayor consumo de bloques con respecto a otros autores se puede deber al poco tiempo (8 h) que destina el pastor al pastoreo y la poca cantidad de rebrote en el agostadero al inicio de la temporada de lluvias, por lo que, las ovejas requieren mayor

cantidad de bloque para completar sus requerimientos.

La variación en el consumo de BN se puede atribuir a la disponibilidad y calidad del forraje en los agostaderos, además a que las condiciones climáticas afectan las horas de pastoreo y por ende la cantidad de forraje consumido.

En cuanto al peso corporal se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla I). Las ovejas que fueron solo complementadas (TC) presentaron mayor peso ($p \leq 0.05$) en el pesaje intermedio comparadas con los demás tratamientos. Al final de la complementación, ambos tratamientos complementados tuvieron un comportamiento similar ($p > 0.05$) y mayor peso ($p \leq 0.05$) con respecto a los grupos no complementados (TT-TS), seguidos del tratamiento sincronizado y por último el grupo testigo ($p \leq 0.05$).

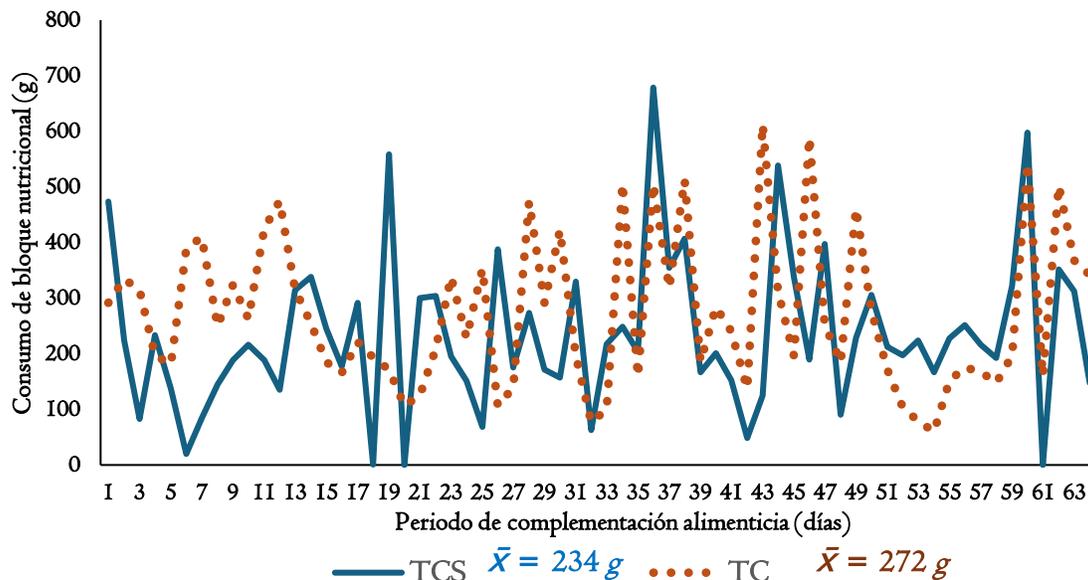


Figura I. Consumo diario de bloque nutricional (BN) de ovejas criollas Chocholtecas en pastoreo en agostadero. TC: tratamiento complementado con bloque nutricional; TCS: tratamiento complementado con bloque nutricional + sincronización.

Tabla I. Peso corporal en ovejas criollas Chocholtecas en pastoreo con y sin complementación con bloques nutricionales.

Tratamiento	PCI (kg)	PCM (kg)	PCF (kg)
Testigo (TT)	20.51 ± 1.06	18.72 ± 0.21 ^b	21.48 ± 0.40 ^c
Sincronizado (TS)	19.27 ± 0.66	18.77 ± 0.22 ^b	22.93 ± 0.43 ^b
Complementado (TC)	19.79 ± 0.89	20.15 ± 0.22 ^a	24.84 ± 0.43 ^a
Complementado-Sincronizado (TCS)	19.82 ± 0.81	19.25 ± 0.22 ^b	23.77 ± 0.43 ^{ab}

PCI = peso corporal inicial; PCM = peso corporal medio; PCF = peso corporal final. Los datos con letras distintas en columnas presentan diferencias estadísticas significativas (Diferencia mínima significativa, $\alpha \leq 0.05$). Media ± error estándar.

Durante la época de estiaje en la región de la Mixteca es notoria la pérdida de peso de las ovejas, el estudio inició al final de la temporada de estiaje y terminó a la mitad del periodo de lluvias cuando ya existía forraje disponible en los agostaderos, esto ocasionó que existiera incremento de peso corporal en las ovejas que no consumieron bloque nutricional, aunque fue menor a las complementadas. Los resultados coinciden con Vázquez-Mendoza et al. (2012), quienes reportan que al complementar con BN a los ovinos en pastoreo se incrementan los parámetros productivos. Fernández et al. (1999) concluyen que la complementación con BN incrementa la ganancia de peso vivo en ovinos que se alimentan en praderas nativas. Por lo anterior, los BN son una alternativa viable para complementar la alimentación de las ovejas en pastoreo los cuales contribuyen a mantener e incrementar el peso vivo y la condición corporal de las hembras durante el periodo de empadre y el inicio de la gestación.

El 75 % de las ovejas que recibieron el tratamiento hormonal sin el complemento nutricional presentaron estro, mientras que el 62.5 % de las sincronizadas y complementadas lo presentaron, existió una diferencia numérica en los porcentajes, sin embargo, no hubo una diferencia estadística ($p = 0.36$) entre tratamientos. Estos resultados se pueden atribuir a que el periodo de complementación nutricional previo a la sincronización fue muy corto o que el protocolo de

sincronización utilizado fue solo con progestagenos sin complementarlo con otros productos hormonales que estimulan el desarrollo folicular, por ejemplo, la eCG. En protocolos combinados utilizando dispositivos intravaginales impregnados de progesterona + eCG, se han obtenido resultados de 96 % a 100 % de presentación de estro (Avenida-Reyes et al., 2007; Uribe-Velásquez et al., 2008). López-García (2023) también reporta un 100 % de manifestación del estro con CIDR[®] reutilizados usando diferentes dosis de eCG. Al respecto se cita que la presentación del estro y la fertilidad se puede ver afectada por el tipo y dosis de los farmacos utilizados para el protocolo de sincronización, además de la raza, la edad y el estado nutricional de la ovejas (Wildeus, 2000).

El uso de eCG estimula el crecimiento folicular, y en dosis alta la ovulación múltiple (Portillo-Martínez, 2015). Por ser el primer estudio en sincronización de estros que se lleva a cabo en ovejas criollas Chocholtecas en pastoreo en agostadero no se utilizó eCG, porque se desconoce la dosis-efecto que esta hormona tiene sobre esta raza y por las condiciones de producción no es recomendable que las ovejas tengan partos múltiples porque se reduciría la sobrevivencia de los corderos.

Tabla 2. Porcentaje de ovejas gestantes y distribución de partos de ovejas criollas Chocholtecas.

Tratamiento	Gestantes (%)	Partos (%)		
		Noviembre	Diciembre	Enero
Testigo (TT)	66.7	22.3	44.4	0
Complementado (TC)	87.5	50	37.5	0
Sincronizado (TS)	75.0	50	12.5	12.5
Sincronizado-Complementado (TCS)	87.5	50	12.5	25

En cuanto al porcentaje de gestación de las ovejas criollas Chocholtecas no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos ($p > 0.05$). Las ovejas de los grupos que recibieron el complemento nutricional (TC/TCS) presentaron 87.5 % de gestación, del grupo sincronizado sin complementación nutricional (TS) se obtuvo el 75 %; mientras que, en el grupo testigo (TT) se tuvo el 66.7 % de gestación al segundo diagnóstico (Tabla 2). El mismo porcentaje de ovejas diagnosticadas gestantes llegaron a parto, por lo que no se presentaron reabsorciones embrionarias o abortos después del diagnóstico. Dong et al. (2003) citan que en bovinos la suplementación con bloques nutricionales incrementa el 8.8% la tasa de preñez. Al-Haboby et al. (1999) reportaron que el uso de bloques nutricionales en ovejas Awassi mejora la fertilidad incrementando el porcentaje de partos simples y gemelares.

Las ovejas criollas Chocholtecas en condiciones de agostadero se reproducen una vez al año, inician su actividad reproductiva una vez que se dan las precipitaciones pluviales, coincidiendo con la germinación y rebrote del forraje en el agostadero, es probable que sea la razón por la cual no se encontraron diferencias estadísticas en el porcentaje de gestación entre las ovejas del grupo testigo con las ovejas de los demás tratamientos, otra causa es el número de animales utilizados en el estudio, sin embargo, la población de ovinos criollos Chocholtecos limitó el número de repeticiones.

El 50 % de las ovejas que se gestaron de los grupos a los que se les aplicó algún tratamiento (TC, TS y TSC) parieron en el mes de noviembre

con respecto al TT en el cual la mayoría de los partos sucedieron en el mes de diciembre (Tabla 2); cabe mencionar que los corderos que nacen en noviembre tienen mayores probabilidades de sobrevivir debido a que los agostaderos aún cuentan con forraje disponible para que las ovejas se alimenten. Los corderos que nacen a partir del mes de diciembre y en los meses subsecuentes tienen mayor probabilidad de muerte por el frío, además en el agostadero hay menor cantidad de forraje, lo que ocasiona menor disponibilidad de nutrientes para la oveja y la cría. Por lo tanto, las estrategias de complementación de la alimentación con bloques nutricionales y sincronización contribuyen a agrupar y adelantar los partos en la temporada de nacencias para que los corderos tengan mayor probabilidad de sobrevivencia.

Se sugiere que los resultados obtenidos en el presente estudio estuvieron influenciados por la cantidad y calidad del forraje en el agostadero, ya que, Díaz-Mendoza et al. (2023) encontraron que en esta región durante la temporada de lluvias los ovinos consumen plantas con alto valor nutricional.

CONCLUSIONES

La complementación con bloques nutricionales y sincronización del estro en ovejas criollas Chocholtecas bajo el sistema de pastoreo en agostadero no incrementa la tasa de gestación, aunque el aporte extra de nutrientes mejora el peso vivo. No obstante, estas estrategias permiten tener los partos en la temporada de mayor disponibilidad de forraje.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue posible gracias al financiamiento de CONAHCYT a través del proyecto 3I75I3 de soberanía alimentaria y a las facilidades prestadas por el ovinocultor Trinidad García Maldonado en su unidad de producción.

REFERENCIAS

- Al-Haboby, A. H., Salman, A. D. & Abdul Kareem, T. A. (1999). Influence of protein supplementation on reproductive traits of Awassi sheep grazing cereal stubble. *Small Ruminant Research*, 34, 33-40. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00041-3)
- Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F. D., Molina-Ramírez, L., Rangel-Santos, R., Correa-Calderón, A., Rodríguez-García, J., Cruz-Villegas, M., Robison, P. H. and Famula T. R. (2007). Reproductive performance of Pelibuey ewes in response to estrus synchronization and artificial insemination in Northwestern Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(6), 807-812.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2025). Red de estaciones climatológicas. Ciudad de México, México: Servicio Meteorológico Nacional. En https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/oax/mes20019.txt
- Díaz-Mendoza, E. P., Rodríguez-Magadán, H. M., Hernández-Bautista, J., Salinas-Ríos, T. y Victoria-Villa N.V. (2023) Forrajes consumidos por borregos criollos Chocholtecos en época de lluvias en un agostadero de la Mixteca Oaxaqueña. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(1), 275-279. <https://doi.org/10.53588/alpa.310547>
- Dong, S.K., Long, R. J., Kang, M. Y., Pu, X. P. and Guo, Y. J. (2003). Effect of urea multinutritional molasses block supplementation on liveweight change of yak calves and productive and reproductive performances of yak cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(1), 141-145. <https://doi.org/10.4141/A01-097>
- Fernández, G., San Marti, F. y Ecurra, E. (1999). Uso de bloques nutricionales en la suplementación de ovinos en pastoreo. *Revista Investigaciones Pecuarias*, 8(1), 29-38.
- Hernández-Marín, J. A., Cadenas, V. S., Cigarroa, V. F. A. y Angel, S. C. A. (2023). Respuesta fisiológica en el manejo reproductivo de ovejas en “Efecto macho”: Una revisión. *Revista Universitaria Ovinos y Caprinos*, 1(2), 32-39.
- Hernández-Bautista, J., Rodríguez-Magadán, H. M., Salinas-Ríos, T., Aquino-Cleto, M. y Mariscal-Méndez, A. (2022). Caracterización de los sistemas de producción familiar ovina en la Mixteca oaxaqueña, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(4), 1009-1024. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.6100>
- Juárez, F. (2008). *Plan Municipal de Desarrollo. H. Ayuntamiento Constitucional de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca*. En: https://finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/08_10/176.pdf.
- Kawas, J. R. (2008). Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. *Tecnología & Ciencia. Agropecuaria*, 2, 63-69.
- López-García, S., Sánchez-Torres, E. M. T., Cordero-Mora, J. L., Figueroa-Velasco, J. L., Martínez-Aispuro, J.A. y Salinas-Ríos, T. (2023). Sincronización de estros en ovejas mediante protocolo de 6 días con CIDR de primera, segunda y tercera reutilización. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 14(3), 610-621. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6309>
- Menassol, J. B., Collet, A., Chesneau, D., Malpoux, B. and Scaramuzzi, R. J. (2012). The interaction between photoperiod and nutrition and its effects on seasonal rhythms of reproduction in the Ewe. *Biology of Reproduction*, 86(2), 52.

<https://doi.org/10.1095/biolreprod.111.092817>

- Portillo-Martínez, G. E., Gutiérrez-Añez, J. C. y De Ondiz, A. D. (2015). Efecto de la dosis de eCG sobre las características foliculares y luteales, momento y tasa de ovulación de novillas mestizas cebú sincronizadas con progestágeno intravaginal. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56(1), 35-41.
- Rodríguez-Magadán, H. M., Hernández-Bautista, J., Salinas Ríos, T., Mariscal-Méndez, A., Cid-Fernández, H. M. y Vásquez-García, C. I. (2020). Marmoleo y color de grasa en ovinos criollos establecidos en la región Mixteca de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Producción Animal*, 40(1), 214.
- Romero, O. (2015). *Evaluación de la condición corporal y edad de los ovinos*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Chile, Boletín informativo No. 79.
- Salinas-Ríos, T., Hernández-Bautista, J., Mariscal-Méndez, A., Aquino-Cleto, M., Martínez-Martínez, A. and Rodríguez-Magadán, H. M. (2021). Genetic characterization of a sheep population in Oaxaca, México: The Chocholteca Creole. *Animals*, 11(4), 1172. <https://doi.org/10.3390/ani11041172>
- Statistical Analysis System Institute (SAS). (2009). *SAS User's Guide: Statistical Version 5*. Cary, N.C. U.S.A. Inst. Inc. 584p.
- Taylor, N., Hatfield, P. G., Sowell, B. F., Bowman, J. G. P., Drouillard, J. S. and Dhuyvetter D.V. (2002). Pellet and block supplements for grazing ewes. *Animal Feed Science and Technology*, 96(3-4), 193-201. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00332-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00332-7)
- Uribe-Velásquez, L. F., Lênz, M. I. y Loaiza, A. M. (2008). Efecto de la sincronización del estro con prostaglandina F2 α vs CIDR + 500 UI de eCG en ovejas bergamacia durante el inicio de la fase luteal. *Revista Científica*, 43(4), 368-373.
- Vázquez-Mendoza, P., Castelán-Ortega, O. A., García-Martínez, A. y Avilés-Nova, F. (2012). Uso de bloques nutricionales como complemento para ovinos en el trópico seco del altiplano central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(1), 87-96.
- Wildeus, S. (2000). Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats. *Journal of Animal Science*, 77, 1-14. <https://doi.org/10.2527/jas2000.00218812007700ES004>

IMPLICACIONES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN EL SUELO DERIVADAS DEL MANEJO AGRÍCOLA CONVENCIONAL Y ORGÁNICO

PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL IMPLICATIONS IN THE SOIL DERIVED FROM CONVENTIONAL AND ORGANIC AGRICULTURAL MANAGEMENT

Silvia Janeth Bejar Pulido¹, §Erik Orlando Luna Robles²

Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, Durango. México. §Autor de correspondencia: (erikluna979@gmail.com).

RESUMEN

La condición del suelo es fundamental para la agricultura y su productividad, sin embargo, las prácticas de manejo pueden modificar su naturaleza lo cual repercute directamente en la seguridad alimentaria. Por lo anterior, se planteó como objetivo determinar las implicaciones físicas, químicas y biológicas del suelo, derivadas del manejo agrícola orgánico y convencional, en áreas agrícolas, en un contexto internacional, a partir de la discusión y análisis de los resultados de diversas investigaciones nacionales e internacionales. Los suelos se encuentran diferenciados por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales definen su uso, la conducta de sus integradores y condicionan la presencia de materia orgánica y vida de macro y microorganismos que lo componen. Sin embargo, existen otros factores que diversifican su caracterización como: tipo de suelos, origen y antigüedad, clima, geografía y vegetación presente. Se estima que entre el 95 % y 98 % de los alimentos resultan directa e indirectamente del suelo. La agricultura como toda actividad antropogénica implica modificaciones en las condiciones naturales del recurso suelo. El manejo convencional ha provocado la degradación de la calidad de suelos y con ello alteraciones en las distintas funciones y servicios que este ofrece, a diferencia del orgánico que mejora la condición del suelo, proporciona un manejo sostenible y contribuye a protección de los recursos naturales y la calidad de alimentos. Una alternativa para mitigar el impacto de la agricultura sobre el suelo, es la combinación de manejo orgánico y

convencional, proporcionando una base para la sustentabilidad de los cultivos y el recurso suelo, asegurando la obtención de alimentos saludables y satisfaciendo la demanda alimentaria a nivel mundial. Con base a ello se optimizan los rendimientos de producción y se mejoran sustancialmente los ingresos.

Palabras clave: agricultura, alimentos, alternativa, impacto, propiedades.

ABSTRACT

The condition of the soil is fundamental for agriculture and its productivity, however, management practices can modify its nature, which has a direct impact on food security. Therefore, the objective was to determine the physical, chemical and biological implications of the soil, derived from organic and conventional agricultural management, in agricultural areas, in an international context, based on the discussion and analysis of the results of various national and international research. Soils are differentiated by their physical, chemical and biological properties, which define their use, the behavior of their integrators and condition the presence of organic matter and life of macro and microorganisms that compose them. However, there are other factors that diversify its characterization, such as: soil variability, climatic and geographical conditions, origin and age. Between 95 % and 98% of food comes both directly and indirectly from the soil. Agriculture, like any anthropogenic activity, involves modifications in the natural conditions of the soil resource. Conventional management has

caused the degradation of soil quality and with it alterations in the different functions and services that it offers, unlike organic management that improves the condition of the soil, provides sustainable management and contributes to the protection of the environment and food quality. An alternative to mitigate the impact of agriculture on the soil is the combination of organic and conventional management, providing a basis for the sustainability of crops and soil resources, ensuring healthy food and satisfying the world's food demand. Based on this, production yields are optimized and incomes are substantially improved.

Index words: agriculture, food, alternative, impact, properties.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la agricultura ha optado por implementar prácticas más intensivas; que ha llevado a maximizar la producción y rendimiento de los cultivos en periodos de tiempo más cortos, dejando de lado la sustentabilidad con el fin de que lograr la satisfacción de una población creciente que actualmente ronda entre los 7,700 millones de personas (Giller et al., 2021). En este sentido, escenarios para el año 2050 calculan que la población mundial excederá los 9 mil millones de habitantes, lo que implicaría incrementar la producción agrícola en un 70 % para no poner en riesgo la seguridad alimentaria mundial (FAO, 2009); donde América Latina y el Caribe desempeñarían un papel clave ya que gran parte de la demanda estaría cubierta por esta región del mundo (Montiel y Muhammad, 2015).

No obstante, la implementación de la agricultura intensiva (convencional) ha repercutido negativamente en la salud del suelo, por el uso indiscriminado de agroquímicos (herbicidas, fungicidas, fertilizantes), falta de rotaciones de cultivos y arado intensivo causando la degradación del suelo (Babin et al., 2019). Además, la agricultura también produce emisiones de gases de efecto invernadero tales como el CO₂, el cual se estima en 5,300 millones de toneladas de CO₂ eq, de las cuales el 13 % (725 millones de

toneladas de CO₂ eq) corresponden a la fabricación y uso de fertilizantes químicos; cabe mencionar que alrededor del 10 % de las emisiones de metano a nivel mundial se producen por el cultivo de arroz, lo cual contribuye significativamente al calentamiento global (Veni et al., 2020; FAO, 2019). Por lo anterior es necesario desarrollar un sistema con una capacidad esencial para reducir las afectaciones en el suelo y aborde los problemas de inseguridad alimentaria. En este sentido hay abundante información disponible sobre los avances recientes en el cambio climático y los impactos en la agricultura y suelo que pueden ser base para abordar los desafíos de la inseguridad alimentaria global (Farooq et al., 2022; Etchevers et al., 2016).

Actualmente se ha reconocido a la agricultura orgánica como una herramienta económica, social y ecológica para mitigar los impactos negativos causados por la agricultura convencional y con ello satisfacer la demanda de productos alimenticios seguros, saludables y accesibles (Das et al., 2023; Sumberg y Giller, 2022; Choque y Castro, 2020; Soto, 2020; Babin et al., 2019). No obstante, los bajos rendimientos de los cultivos, costos de adquisición y mercado son de las fuertes críticas a las que se enfrenta esta modalidad agrícola, en consecuencia, sería necesaria mayor extensión de áreas para satisfacer la demanda agrícola. Lo que se traduce como deforestación y pérdida de biodiversidad (Timsina, 2018; Seufert et al., 2012).

La sustentabilidad de la agricultura depende directamente de la condición del suelo ya que esta define directamente el estatus de la seguridad alimentaria actual y futura. En este sentido, la degradación del suelo se está incrementando de manera acelerada por el empleo de prácticas agrícolas inadecuadas (Kopittke et al., 2019; Papendick y Parr, 1992), lo cual disminuye la materia orgánica y nutrientes del suelo, fertilidad del suelo y diversidad genética (Bejar et al., 2020; Avilés et al., 2018); mientras que las emisiones de gases de efecto invernadero se incrementan considerablemente así como las áreas con

problemas de contaminación, erosión, desertificación, salinización y acidificación (Luna et al., 2022). El objetivo de este análisis documental es determinar las implicaciones físicas, químicas y biológicas del suelo, derivado del manejo agrícola orgánico y convencional, a partir del análisis, discusión y resultados de diferentes investigaciones internacionales.

DESARROLLO

A continuación, se presenta el análisis de las condiciones del suelo bajo diferentes escenarios de manejo agrícola. Los estudios consultados se identificaron utilizando palabras o frases clave como agricultura, orgánica, convencional, alimentos y características del suelo en diferentes bases de datos electrónicas; una vez que se obtuvo el total de investigaciones se procedió a leerlos identificando que estudios cumplían con la pregunta de investigación; posteriormente se efectuó un análisis crítico donde se consideró la calidad de las metodologías empleadas así como de la interpretación de los resultados y fundamento de las conclusiones; finalmente lo antepuesto permitió generar comparaciones y discusiones sobre los efectos de la agricultura sobre el suelo bajo múltiples escenarios y con ello tener referencias que permitan definir estrategias clave para un manejo sostenible del suelo.

Origen de la agricultura

La agricultura surge en Asia occidental hace aproximadamente 10 mil años, a partir del asentamiento de las primeras poblaciones humanas con la domesticación de plantas y animales (Ayala, 2021; Mazoyer y Roudart, 2006). Al paso del tiempo la agricultura evolucionó por la creación de mecanismos como arados y yuntas que mejoraron los rendimientos de producción. Con la llegada de revolución industrial (1760-1840), hubo un desarrollo económico, tecnológico y social exponencial, donde la agricultura sufrió una transformación de subsistente y tradicional a una comercial e industrial, aumentando los rendimientos y producción del sector (Djenderedjian, 2020).

El manejo orgánico nace entre 1930 y 1940 en Europa, pero no es hasta 1970 que toma mayor relevancia por las consecuencias (degradación del suelo, mala calidad de alimentos y una decadente calidad de vida) del desarrollo de las guerras mundiales (Osanai et al., 2020; Reganold y Wachter, 2016; Lockeretz, 2007). Mientras tanto, el manejo convencional inicia entre 1960 y 1980 con la revolución verde, cuyo objetivo fue aumentar el rendimiento agrícola con ayuda de la mecanización, fertilización química y el empleo de material genético modificado (John y Babu, 2021). En México la agricultura orgánica se introduce por primera vez en 1980 por la demanda de productos de los países europeos, iniciando la producción en los estados de Chiapas y Oaxaca (García et al., 2010).

La agricultura industrializada también conocida como convencional se rige principalmente en aumentar la productividad y rentabilidad de los cultivos a partir del uso excesivo de productos químicos y sintéticos, mecanización y el uso de material genético modificado. Sin embargo, su origen ha provocado la degradación de la calidad de suelos y con ello alteraciones en las distintas funciones y servicios que este ofrece (Choque y Castro, 2020; Busari et al., 2015). A diferencia, de la agricultura orgánica que emplea métodos tradicionales con tecnologías modernas, además, se basa en mejorar la calidad del suelo a partir de la rotación y diversidad de cultivos, saneamiento de forma natural y el empleo de compostas; lo anterior proporciona un manejo sostenible y contribuye a la protección del ecosistema además que, la calidad de alimentos se ve favorecida significativamente (Santos y Domínguez, 2020; Adhikari y Hartemink, 2016).

De acuerdo al IFOAM (2019) la agricultura orgánica puede ser definida como un sistema de producción que busca la sustentabilidad colectiva de los suelos, ecosistemas y las personas (productores y consumidores) a través de procesos ecológicos, biodiversidad y ciclos adaptados a las condiciones locales, en lugar de la implementación de insumos con efectos adversos. Existe una gran

variedad de materiales orgánicos que pueden ser empleados para el manejo de la agricultura orgánica, Timsina, (2018) menciona que los principales son: desechos agrícolas, desechos biodegradables, estiércol de granja, desechos de bosques y pastizales procedentes de actividades como la tala, la limpieza y el desbroce, así como desperdicios del proceso de aserrado de la madera el aserrín. Existen productos de origen orgánicos generados por la industria denominados biofertilizantes, y están formulados a base hongos y bacterias, que permite nutrir la planta mejorando la productividad, contienen principalmente nitrógeno y fósforo, uno de los microorganismos más empleado son del género *Azospirillum*, *Rhizobium* y *Sinorhizobium* (Santillán, 2016).

Situación de la agricultura a nivel mundial

La superficie mundial de tierras agrícolas para 2015 fue de 4,863 millones de hectáreas (WBG, 2019). De la superficie cultivada a nivel global, solo el 19 % cuenta con infraestructura de riego, con lo que se produce más del 40 % de los cultivos (CONAGUA, 2016). De acuerdo al FIBL (2019) y Willer y Lernour (2017) la superficie con manejo orgánico para 1999 fue de 11 millones de hectáreas, para 2015 alcanzó 50.9 millones de hectáreas (1.1 % de la superficie agrícola) con la participación de 87 países y 2.4 millones de productores, donde los principales países productores fueron Australia, Argentina y Estados Unidos con 22.7, 3.1 y 2 millones de hectáreas respectivamente. Para el 2017 la superficie agrícola orgánica superó el registro del 2015 alcanzando los 69.8 millones de hectáreas con la participación de 93 países y 2.9 millones de productores, siendo Australia, Argentina y China los principales países productores con 35.6, 3.4 y 3 millones de hectáreas respectivamente (Willer y Lernour, 2017).

La superficie agrícola sembrada en año de 2018 en México fue de 21.1 millones de hectáreas, de las cuales el 28.9 % corresponden a cultivos de riego (6.1 millones de hectáreas) y el 71.09 % a cultivos de temporal (14.9 millones de hectáreas) (SIAP, 2019a). Para el 2016 México contaba con una

disponibilidad de agua de 269 289 hm³ repartidos entre uso consuntivo (86 577 hm³) y no consuntivo (182 712 hm³), donde la producción agrícola consumió el 76 % (66 049 hm³) del agua de uso consuntivo para riego. Además, ocupa el séptimo lugar en infraestructura de riego en la producción agrícola (CONAGUA, 2017). Particularmente México figura como país productor y exportador de alimentos orgánicos a nivel mundial, siendo el principal productor de café orgánico, donde los estados de Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero concentran 82.8 % de la superficie orgánica total, y en particular tan sólo Chiapas y Oaxaca cubren 70 % del total (Camarena et al., 2020; Gómez y Gómez, 2004). De acuerdo con el Atlas Agroalimentario 2018, México posee una superficie agrícola orgánica de 162 mil hectáreas sembradas. Los principales productos orgánicos son: café (27.2 %), cártamo (6.7 %), aguacate (6 %), maíz (5.7 %), agave (4.6 %), pastos (4.6 %), mango (4.6 %), ajonjolí (3.3 %), naranja (2.5 %), sorgo (2.1 %), frijol (1.8 %), damiana (1.4 %), chía (1.1 %), jitomate (1.1 %) y otros (27.3 %) (SIAP, 2019b).

Implicaciones físicas, químicas y biológicas en el manejo orgánico y convencional en el recurso suelo

De acuerdo con Nunes et al. (2020) el suelo está constituido por diferentes agentes bióticos y abióticos tales como minerales, materia orgánica, aire y agua, es el cual es considerado dinámico capaz de sustentar el crecimiento de organismos y microorganismos, no obstante, a corto plazo puede definirse como un medio natural finito y no renovable. Por otra parte, Kopittke et al. (2019) lo definen como el ecosistema más complejo y diverso del mundo. Una de sus importancias es su papel clave para la seguridad alimentaria global; ya que del suelo se obtienen de manera directa o indirecta entre el 95 % y 98 % de los alimentos, no obstante, esto lo hace más frágil a la degradación por el uso intensivo y extensivo principalmente ejercido por la agricultura; ya que por milenios esta actividad antropogénica ha sido considerada como el principal medio de producción de alimentos (Luna et al., 2022;

Tabla I. Indicadores edafológicos de la calidad del suelo agrícola

Físicas	Químicas	Biológicas
Infiltración	Carbono	Relación C/N
Porosidad	Nitrógeno	Biomasa microbiana
Conductividad hidráulica	Materia orgánica	Respiración del suelo
Resistencia a la penetración	Micronutrientes (Zn, Fe, Cu y Mn)	
Estabilidad de agregados	Macronutrientes (N, P, K, Mg y Ca)	
Densidad aparente	Capacidad de intercambio catiónico	
Retención de agua	Conductividad eléctrica	
	pH	

Elaboración propia.

Kopittke et al., 2019; Burbano-Orjuela, 2016). La evaluación de la propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo permiten dar un diagnóstico acerca de las funciones y procesos de los ecosistemas los cuales en mucho de los casos son difíciles de evaluar directamente (Nuñez et al., 2023). Dichas propiedades mantienen una relación intrínseca, por lo que un equilibrio en ellas manifiesta una alta calidad, sin embargo, este estatus depende de muchos factores naturales y antropogénicos tales como la variabilidad de suelos, condiciones climáticas y geográficas, el uso de suelo y prácticas que se implementen en su manejo (agrícola, pecuario o forestal) (Bünemann et al., 2018).

A partir de la revisión bibliográfica se idéntico y generó un listado de las características edáficas, que son consideradas indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad del suelo (Echeverría-Pérez et al., 2023; Luna et al., 2022; Bünemann et al., 2018; Hondebrink et al., 2017; Sihi et al., 2017) (**Tabla I**). Con base a ello se realizó un análisis sobre las implicaciones positivas y negativas del manejo agrícola orgánico y convencional sobre el suelo teniendo en cuenta que dichas variaciones dependen directamente de los sistemas y prácticas agrícolas utilizados.

Implicaciones físicas

A nivel mundial la agricultura se caracteriza por obtener la mayor cantidad de productos en el menor tiempo posible a partir del uso intensivo del medio suelo, repercutiendo directamente en su

salud, siendo en las propiedades físicas (claves para la productividad agrícola) donde se manifiestan los primeros efectos negativos, donde además su deterioro involucra a la química y biológica del suelo ya que todas las propiedades cuentan con una red y estrecha relación entre sí (Di Prima et al., 2018; Sihi et al., 2017; Larios-González et al., 2014). Acosta (2007) describe que la textura es un factor clave en la vocación de suelo, definiendo a un suelo ideal con la siguiente composición: material mineral (45 %), materia orgánica (5 %), aire (25 %) y agua (25 %) donde las proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla provocan una alta fertilidad en el suelo. En general, define a las características físicas como responsables del comportamiento del agua ya que condición regula la entrada y movimiento de agua hacia y en el suelo y las químicas de la nutrición vegetal, siendo ambas responsables del comportamiento biológico del suelo.

La capacidad del suelo para mantener la vida y generar bienes y servicios, está fuertemente relacionada con su buen estado físico (Contreras et al., 2023; Di Prima et al., 2018; Crittenden et al., 2016). El manejo orgánico mejora las propiedades físicas del suelo, por ejemplo; reduce la densidad aparente lo que implica una mayor capacidad para infiltrar agua, incrementa la porosidad, también mejora la retención de humedad y disminuye la dureza. A diferencia del manejo convencional que disminuye la calidad de las propiedades físicas, incrementando la densidad aparente y reduciendo la porosidad principalmente y por ende alterando

drásticamente la hidrología del suelo (Bejar et al., 2021; Bejar et al., 2020; Williams et al., 2017; Sihi et al., 2017; Hondebrink et al., 2017). Por lo anterior, Bejar et al. (2020) y Jaurixje et al. (2013) encontraron mejoramientos en las condiciones físicas del suelo (conductividad hidráulica y porosidad) donde el tipo de manejo contempló enmiendas orgánicas, lo que llevó a aumentar la actividad de los microorganismos, a diferencia del manejo convencional, en que el empleo de maquinaria y la aplicación de fertilizantes químicos redujo drásticamente la biomasa microbiana.

Implicaciones químicas

La evaluación de las variables químicas es fundamental para la fertilidad del suelo, ya que los microorganismos determinan su función y la calidad, siendo muy sensibles y variantes ante los cambios provocados por el manejo del suelo y condiciones ambientales (Mondini et al., 2019; Chavarria et al., 2018). La implementación del manejo orgánico impacta positivamente a las propiedades químicas del suelo, en particular incrementa la cantidad de materia orgánica y por ende incrementa el carbono orgánico y nitrógeno total, asimismo mejora la capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica y disminuye el pH, aunque, sin embargo, las existencias de nutrientes no son tan significativa. Por otra parte, el manejo convencional disminuye la biomasa microbiana y contenido de materia orgánica, pero la aplicación de agroquímicos incrementa sustancialmente las reservas de los nutrientes (Osanai et al., 2020; Marín et al., 2017; Hondebrink et al., 2017; Crittenden et al., 2016; Larios-González et al., 2014).

El suelo tiene un gran potencial de fertilidad, bajo escenarios favorables, pero la aplicación de prácticas agrícolas convencionales puede ocasionar la degradación química del suelo, causada, principalmente, por los productos químicos y sintéticos y problemas de degradación física como compactación, pérdida de la estructura, encostramiento y erosión provocando un déficit nutricional del suelo (Trigoso et al., 2023

Kopittke et al., 2019; Mogollón et al., 2014). Por otra parte, la salinidad y sodicidad no solo tienen efectos sobre el suelo, sino que afectan directamente las plantas, por ejemplo: reduce la actividad fotosintética, causando un retardo en el desarrollo, germinación y emergencia de la planta, además la capacidad de absorción de agua y nutrientes por las raíces se ve reducida drásticamente (Medina et al., 2023). En cambio, las prácticas orgánicas disminuyen los procesos erosivos, mejorando la física y química del suelo, lo cual impacta directamente en el rendimiento de los cultivos (Echeverría-Pérez et al., 2023; Rodríguez et al., 2015).

Cabe señalar que la agricultura es la principal fuente de contaminación del suelo, agua, aire y salud humana, por el uso excesivo de fertilizantes químicos y plaguicidas (Pozo y Beltrán, 2024). Los fertilizantes (N, P y K) generan en mayor medida daños ambientales como la salinización, eutrofización de cuerpos de agua y efectos nocivos para la salud humana. La mayor parte de los plaguicidas y herbicidas contaminan el aire y agua, solo el 1 % de estos se quedan en los cultivos (Mazari, 2014).

Actualmente las prácticas agrícolas han generado una alta toxicidad en suelos causado principalmente por actividades antrópicas como: el uso de fertilizantes inorgánicos y uso de pesticidas Etchevers et al. (2016). Jhon y Babu (2021) mencionan que la aplicación de pesticidas y fertilizantes puede conducir a la acumulación de metales pesados en el suelo (especialmente; Cadmio, Plomo y Arsénico); mientras que los herbicidas y herbicidas también tienen un fuerte impacto en la calidad ambiental lo cual afecta directamente la calidad de los cultivos, así como, la seguridad alimentaria en un futuro (Rivera et al., 2023; Wang et al., 2015).

Implicaciones biológicas

Los microorganismos son clave en el proceso de formación y estabilidad del suelo, en el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas; ya que son responsables de la

transformación de la materia orgánica. Además, generan un panorama acerca de los efectos positivos y negativos del manejo agrícola sobre la calidad del suelo, permitiendo medir el nivel de desequilibrio o equilibrio que presente el suelo ante las prácticas orgánicas y convencionales implementadas (Rivero et al., 2016). El manejo convencional tiene graves efectos negativos sobre la comunidad y diversidad microbiana del suelo; incluyendo los grupos beneficiosos como los hongos micorrícicos, ocasionado por la aplicación de productos químicos (fungicidas, fertilizantes y pesticidas) y por la implementación de prácticas de labranza intensivas (Likar et al., 2017; Lazcano et al., 2012).

En contraste, el manejo orgánico genera un impacto positivo sobre la biota del suelo, aumentando la biomasa y diversidad microbiana, acelerando las tasas de descomposición de materia orgánica haciendo que la asimilación de nutrientes sea más efectiva, mejorando el rendimiento y producción de cultivos agrícolas (Chavarría et al., 2018; Orr et al., 2015; Lazcano et al., 2012). El manejo orgánico mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando la diversidad de organismos en el suelo (hongos y bacterias), además de incrementar los rendimientos en la producción de sus cultivos (Bejar et al., 2021; Di Prima et al., 2018; Sihi et al., 2017).

La actividad microbiana en el suelo puede ser estimada a partir de la relación C/N el cual indica la estabilización de la descomposición de la materia orgánica. Específicamente los microorganismos requieren que la cantidad de nitrógeno (N) sea por lo menos 20 veces menor que la del carbono (C). Algunos estudios señalan que la variedad de suelos, vegetación, usos de suelo y prácticas de manejo intervienen en la dinámica del de C y N en el suelo (Bejar et al., 2024; Luna et al., 2022; Acevedo et al., 2019; Cantú y Yáñez, 2017).

Los contaminantes atmosféricos generados por la agricultura son un factor clave en la calidad del aire. Li et al. (2019) resaltan que las principales

actividades agrícolas que generan la contaminación del aire, la quema de residuos orgánicos, labranza de la tierra, cosecha, uso de fertilizantes, manejo de granos, maquinaria agrícola, entre otras fuentes.

Por otra parte, el manejo orgánico además de los microorganismos del suelo a escala local mejora la presencia de insectos. Inclán et al. (2015) evaluaron la diversidad parasitoides en el norte de Inglaterra, encontraron 12,954 individuos pertenecientes a 50 especies, de los cuales 62 % se colectaron en áreas bajo manejo orgánico, mientras que el manejo convencional lo redujo a más de un 38 %.

Generalidades

El manejo orgánico funciona como alternativa para mitigar los efectos negativos causado por el manejo convencional, mediante el uso sostenible del suelo (Sihi et al., 2017). Por ejemplo, Hathaway-Jenkins et al. (2011) evaluaron el comportamiento de las propiedades físicas en cultivos rotacionales y pastizales, en Inglaterra y encontraron que la agricultura orgánica no tiene ningún efecto negativo. A diferencia de Di Prima et al. (2018) que evaluaron la condición física de un Entisol en huertos de frutales (cítricos y caqui) en Valencia, España, indicando que el manejo orgánico genera un buen estado físico y estructural del suelo, mientras que el manejo convencional disminuyó significativamente la materia orgánica, aumentó la compactación y redujo la estabilidad estructural de suelo.

Larios-González et al. (2014) evaluaron la física, química y biológica de un Andosol, bajo cultivos de café en sistemas de agroforestales (Inga laurina (Sw.) Willd y Samanea saman (Jacq) Merr J. Wash) con ambas modalidades de manejo en Nicaragua, resaltando que el manejo orgánico mejora la física del suelo principalmente incrementando la porosidad del suelo y capacidad de retención de humedad; de igual forma se maximizaron las propiedades químicas del suelo (materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico, nitrógeno total y pH) lo que se tradujo en aumentos del rendimiento de

la producción de café a diferencia del manejo convencional que altera drásticamente la naturaleza del suelo y para mantener un área productiva es necesario la aplicación constante de agroquímicos. Con base a lo anterior, Lin y Hülsbergen (2017) proponen la combinación de ambas prácticas convencionales y orgánicas, y destaca que el uso de la agroforestería como una alternativa para incrementar el rendimiento la eficiencia y sustentabilidad del suelo.

Sihi et al. (2017) midieron el impacto del manejo orgánico y convencional en cultivos de Arroz en temporada de lluvias del 2011 en Kaithal de Haryana, India, encontrando que el manejo orgánico incrementó el contenido de carbono en un 20 %, materia orgánica en un 60 %, así como aumentos de N, P y K en un 20 %, además redujo el pH y conductividad eléctrica a diferencia del manejo convencional que deterioro la calidad del suelo.

Meng et al. (2016) evaluaron un Solonchak bajo cultivos de maíz (*Zea mays* L.) con manejo orgánico (estiércol) y convencional (labranza profunda) y una combinación de estiércol con labranza profunda en el noreste de China, descubriendo que, en método combinado además de mejorar las propiedades del suelo, incrementa el rendimiento del maíz (38 % a 43 %). Mientras que, Wang et al. (2017) señalan que la implementación de la labranza cero y manejo orgánico aumenta la diversidad microbiana, y causa una estructura microbiana similar a la de una vegetación natural.

Rivero et al. (2016) estimaron la biomasa microbiana y la tasa de respiración en el suelo en cultivos de frijol en una zona tropical de Brasil, bajo prácticas agroecológicas en siembra directa, monocultivos y el método convencional, y encontraron un efecto negativo tanto en la microbiota como en la tasa de respiración disminuyendo un 28 % y 61 %, respectivamente. Coincidiendo con Likar et al. (2017) quienes estudiaron la dinámica de las comunidades microbianas en cultivos de vid (*Vitis vinifera*) en

Eslovenia, encontrando un efecto negativo entre la asociación de comunidades mostrando una alta separación en el sistema convencional, en contraste con el orgánico que genero una baja respuesta de separación en las comunidades microbianas.

Controversias

Existe una controversia en que los rendimientos del manejo orgánico pueden ser igual o mayor que los de manejo convencional, por ejemplo: Ponisio et al. (2015) resaltan que entre la diversificación de cultivos (leguminosas vs. no leguminosas, plantas anuales vs perennes) no genera un impacto en los rendimientos, al igual que para las prácticas agrícolas (cultivos múltiples vs. cultivos de rotación). Mientras que Timsina (2018) mencionan que los rendimientos disminuyen entre el 20 % y 50 %. Meier et al. (2015) que varían de entre 5 % y 34 %. Gomiero et al. (2018) del 20 % al 30 % y Ponisio et al. (2015) de 19.2 %. Aunque, depende fuertemente de los sistemas empleados, cultivos, prácticas agrícolas, así como, las características del sitio (Crittenden et al., 2016; Ponisio et al., 2015). Por otra parte, Wachter et al. (2019) también indican que el manejo y uso de prácticas genera distintas condiciones en los rendimientos, demostrando que un sistema mixto (orgánico y convencional) genera un mayor rendimiento en la producción de distintos cultivos.

Chen et al. (2017) evaluaron el impacto del manejo orgánico combinado con fertilizantes químicos a largo plazo (32 años) en cultivos de arroz en Ultisoles, en Jiangxi, China. En una proporción 70:30, el cual provocó rendimientos más elevados, incrementó la materia orgánica, microbiota y diversidad del suelo. Lo que coincide con lo reportado por Timsina (2018) que indica que los nutrientes orgánicos por sí solos no pueden aumentar los rendimientos para la demanda de alimentos y propone el uso de fuentes orgánicas e inorgánicas en una proporción 75:25.

Irisarri et al. (2012), Andrade et al. (2014), Locker et al. (2019) y Yuan et al. (2019) analizaron las emisiones de gases de efecto invernadero en cultivo de arroz (Uruguay,

Colombia y China) y maíz (EUA) los cuales llegaron a la conclusión de que el empleo de fertilizantes nitrogenados (65 %) duplica las emisiones de amoníaco, y que el dióxido de carbono se encuentra en función de la disponibilidad de agua.

Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del manejo orgánico y convencional

De acuerdo a la literatura analizada se realizó un análisis FODA para comparar la situación actual que enfrentan la agricultura orgánica y convencional (**Tabla 2 y 3**) (Das et al., 2023; Kopittke et al., 2019; Timsina, 2018; Montiel y Muhammad, 2015; Ponisio et al., 2015). Con base a ello se debe hacer hincapié en que ambas modalidades de producción agrícola son

indispensables para la humanidad; sin embargo, es obvio que la agricultura orgánica presenta una desventaja en función de productividad e ingresos ya que registra menores rendimientos en comparación con la convencional, pero al considerar aspectos ambientales la producción orgánica deja una menor huella ambiental lo cual mantiene la sostenibilidad de los recursos suelos y agua y salud del agricultor y consumidor. Asimismo, reconocer que a pesar de su amplia distribución la agricultura convencional exige que el agricultor cuente con la experiencia técnica y habilidad para adaptarse al uso de tecnologías que son empleadas para la maximización de la productividad (Luna et al., 2022; Bejar et al., 2021; Burbano-Orjuela, 2016).

Tabla 2. Análisis FODA (**fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas**) del manejo orgánico.

Fortalezas	Oportunidades
Diversificación de cultivos	Valor agregado al producto por su origen
Aplicación bajo condiciones locales	Mayor demanda de productos orgánicos.
Generación de empleos	
Regulador de servicios ambientales	
Incrementa la biodiversidad	
Fertilidad del suelo natural	
Productos más saludables libres de contaminantes	
Debilidades	Amenazas
Rendimientos 20 % más bajos	Costos de certificación
Desarrollo de la producción lento	Competencia internacional
Unidades de producción pequeñas	El costo del producto es elevado
Prácticas manuales	Susceptibilidad a plagas y enfermedades
Enfoque a ciertos productos con valor económico y no nutricional	
La mayor parte de los productos orgánicos son exportados a países desarrollados	

Elaboración propia.

Tabla 3. Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) del manejo convencional.

Fortalezas Mayor rendimiento en la producción Desarrollo de la producción a corto plazo	Oportunidades Satisface la demanda alimenticia a nivel local, regional y mundial Bajo costos de productos por el empleo de tecnología
Debilidades Baja base genética (monocultivos) Erosión y degradación del suelo Contaminación y eutrofización de cuerpos de agua Salinización y toxicidad a las plantas Pérdida de la biodiversidad Disminuye la disponibilidad de servicios ambientales Costos de adquisición de paquetes tecnológicos elevados	Amenazas El uso de intermediarios hace que los productores obtengan ganancias mínimas Pérdida de conocimientos tradicionales

Elaboración propia.

COMENTARIOS FINALES

La agricultura como toda actividad antropogénica implica modificaciones en las características físicas, químicas y biológicas del recurso suelo. Particularmente el manejo orgánico busca producir el mínimo impacto posible recurriendo a técnicas tradicionales y tecnologías de bajo impacto ambiental. Promoviendo la reducción de la contaminación del suelo y el agua, además mejora la salud del suelo; promueve la biodiversidad y por ende mantiene el equilibrio ecológico. Por otra parte, la agricultura convencional está orientada a conseguir el máximo rendimiento en menos tiempo y en menor cantidad de superficie, no obstante, enfrenta críticas debido a sus impactos ambientales y de sostenibilidad, ya que debido al uso intensivo de agroquímicos se favorece la degradación del suelo, contaminación de agua y en consecuencia puede causar pérdida de la biodiversidad.

El manejo orgánico y convencional son necesarios para cubrir las demandas sociales, una transición intermedia podría cubrir las demandas

globales de alimentos para una población cada vez más urbana sin comprometer el ambiente; considerando diferentes prácticas como uso de policultivos, enmiendas orgánicas, labranza mínima, reducir el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes, empleo de sistemas agroforestales, agricultura vertical, hidroponía, manejo integrado de plagas, entre otras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen afectuosamente por todo al Doctor Israel Cantú Silva.

REFERENCIAS

- Acevedo, C., Tinoco, J. Á., Prado, J. V. & Hernández, E. (2019). Soil carbon and nitrogen in tropical montane cloud forest, agroforestry and coffee monoculture systems. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(2), 169-184.
<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.09.070>

- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio*, 3(5), 55-60.
- Adhikari, K. & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services-A global review. *Geoderma*, 262, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Andrade, H. J., Campo, O. & Segura, M. (2014). Huella de carbono del sistema de producción de arroz (*Oryza sativa*) en el municipio de Campoalegre, Huila, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 25-31.
- Avilés, E.A., Mendoza, R. B., Aguirre, C., Van der Hoek, R., Mena, M. & Téllez, O. (2018). Evaluación de la calidad de suelo en sistemas de cultivo-arboles-pastos, micro cuenca Tecomapa, Somotillo-Nicaragua. *La Calera*, 18(31), 98-103. <https://doi.org/10.5377/calera.v18i31.7900>
- Ayala, D. C. (2021). La agricultura familiar en El Salvador: ¿Crónica de una muerte anunciada?. *Espiral Estudios Sobre Estado y Sociedad*, 28(80), 231-268.
- Babin, D., Deubel, A., Jacquiod, S., Sørensen, S. J., Geistlinger, J., Grosch, R. & Smalla, K. (2019). Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 129, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.11.002>
- Bejar, S. J., Cantú, I. & Luna, E. O. (2024). Respiración de un Andosol bajo diferentes usos de suelo: Respiration of an Andosol under different land uses. *e-CUCBA*, (22), 46-53. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi22.346>
- Bejar, S. J., Cantú, I., González, H., Marmolejo, J. G., Yáñez, M. I. & Luna, E. O. (2020). Efecto del cambio de uso de suelo y manejo agrícola sobre las propiedades físicas e hidrológicas de un Andosol en Uruapan, Michoacán. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 27(2), 323-335. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.04.032>
- Bejar, S. J., Cantú, I. & Luna, E. O. (2021). Effect of different land use on chemical properties of an andosol in Michoacan, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(3), 21. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3629>
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R. & Pulleman, M. (2018). Soil quality—A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A. & Bhatt, R. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
- Camarena, B. O., Romero, D. M. & Camarena, D. M. (2020). Alimentos orgánicos en Hermosillo, Sonora: disposición a pagar y preferencias del consumidor. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55), e20877. <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.877>
- Cantú, S. I. & Yáñez, D. M. (2017). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 122-151. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.138>
- Chavarría, D. N., Pérez-Brandan, C., Serri, D. L., Meriles, J. M., Restovich, S. B., Andriulo, A. E. & Vargas-Gil, S. (2018). Response of soil microbial communities to agroecological versus conventional systems of extensive agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.008>
- Chen, D., Yuan, L., Liu, Y., Ji, J., & Hou, H. (2017). Long-term application of manures plus chemical fertilizers sustained high rice yield and improved soil chemical and bacterial properties. *European Journal of Agronomy*, 90, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.07.007>
- Choque, F. C. & Castro, J. D. R. S. (2020). Factores de adopción de agricultura orgánica en la región de Piura 2020. *Semestre Económico*, 9(1), 27-59. <https://doi.org/10.26867/se.2020.v09i1.97>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2016). *Estadísticas del agua en México*.

- http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2017). *Estadísticas del agua en México*. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf
- Contreras, J. L., Martínez, J., Rodríguez, J. L., Barragán, W., Garrido, J. & Falla, C. K. (2023). Índice de Calidad del Suelo Bajo Sistemas Agropecuarios en el Bosque Seco Tropical-Colombia. *Terra Latinoamericana*, 41, e1694. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1694>
- Crittenden, S. J. & de Goede, R. G. M. (2016). Integrating soil physical and biological properties in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *European Journal of Soil Biology*, 77, 26e33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.09.003>
- Das, S., Ray, M. K., Panday, D. & Mishra, P. K. (2023). Role of biotechnology in creating sustainable agriculture. *PLOS Sustainability and Transformation*, 2(7), e0000069. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000069>
- Di Prima, S., Rodrigo-Comino, J., Novara, A., Iovino, M., Pirastru, M., Keesstra, S. & Cerdà, A. (2018). Soil physical quality of citrus orchards under tillage, herbicide, and organic managements. *Pedosphere*, 28(3), 463-477. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60025-6](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60025-6)
- Djenderedjian, J. (2020). Del arado criollo al granero del mundo. La transformación tecnológica de la agricultura pampeana argentina, 1840-1900. *Historia Mexicana*, 70(1), 99-149. <https://doi.org/10.24201/hm.v70i1.4077>
- Echeverría-Pérez, G., Castañeda-Hidalgo, E., Robles, P. C., Martínez-Gallegos, V., Santiago-Martínez, G. M. & Rodríguez-Ortiz, G. (2023). Indicadores de calidad como herramientas útiles para evaluar el estado de la fertilidad del suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1). <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>
- Etchevers, J., V. Saynes, M. Sánchez & F. Roosevelt. (2016). *Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola*. pp, 63-79. En: Martínez-Carrera, D. y J. Ramírez-Juárez (Eds.). *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México*. Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP.
- FAO. (2009). *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*. FAO, 4. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/I>
- FAO. (2019). *Aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura*. <http://www.fao.org/news/story/es/item/218907/icode/>
- Farooq, M. S, Uzair, M., Raza, A., Habib, M., Xu, Y., Yousuf, M., Yang, S. H. & Ramzan Khan, M. (2022). Uncovering the research gaps to alleviate the negative impacts of climate change on food security: a review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 927535. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.927535>
- FIBL (Forschungsinstitut für Biologischen Landbau). (2019). *Area for selected crops*. <https://statistics.fibl.org/world/selected-crops-world.html>
- García, H. J., Salazar, S. E., Orona, C.I., Fortis, H. M. & Trejo, E.H. (2010). *Agricultura Orgánica (3ª ed.)*. Eds. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo y CONACYT.
- Giller, K. E., Delaune, T., Silva, J. V., Descheemaeker, K., van de Ven, G., Schut, A. G., ... & van Ittersum, M. K. (2021). The future of farming: Who will produce our food?. *Food Security*, 13(5), 1073-1099. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01184-6>
- Gómez T.L. y Gómez C. M. A. (2004). La agricultura orgánica en México y en el mundo. *Biodiversitas* 55, 13-15.
- Gomiero, T. (2018). Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: findings and issues. *Applied Soil Ecology*, 123, 714-728. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.014>
- Hathaway-Jenkins, L. J., Sakrabani, R., Pearce, B., Whitmore, A. P. & Godwin, R. J. (2011). A comparison of soil and water properties in organic and conventional farming systems in England. *Soil Use and Management*, 27(2), 133-142.

- <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00335.x>
- Hondebrink, M. A., Cammeraat, L. H. & Cerdà, A. (2017). The impact of agricultural management on selected soil properties in citrus orchards in Eastern Spain: A comparison between conventional and organic citrus orchards with drip and flood irrigation. *Science of the Total Environment*, 581, 153-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.087>
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) (2019). *Organic agriculture*. <https://www.ifoam.bio/es/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>
- Inclán, D. J., Cerretti, P., Gabriel, D., Benton, T. G., Sait, S. M., Kunin, W. E. & Marini, L. (2015). Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 1102-1109. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12457>
- Irisarri, P., Pereyra, V., Fernández, A., Terra, J. & Tarlera, S. (2012). Emisiones de CH₄ y N₂O en un arrozal: primeras medidas en el sistema productivo uruguayo. *Agrociencia Uruguay*, 16(2), 1-10.
- Jaurixje, M., Torres, D., Mendoza, B., Henríquez, M. & Contreras, J. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25(1), 47-56.
- John, D. A. & Babu, G. R. (2021). Lessons from the aftermaths of green revolution on food system and health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 644559. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.644559>
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A. & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, e105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
- Larios-González, R. C., Salmerón-Miranda, F. & García-Centeno, L. (2016). Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. *La Calera*, 14(23), 67-75. <https://doi.org/10.5377/calera.v14i23.2660>
- Lazcano, C., Gómez-Brandon, M., Revilla, P. & Domínguez, J. (2012). Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and Fertility of Soils*, 49, 723-733. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0761-7>
- Li, R., Chen, W., Xiu, A., Zhao, H., Zhang, X., Zhang, S. & Tong, D. Q. (2019). A comprehensive inventory of agricultural atmospheric particulate matters (PM10 and PM2.5) and gaseous pollutants (VOCs, SO₂, NH₃, CO, NO_x and HC) emissions in China. *Ecological Indicators*, 107, e105609. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105609>
- Likar, M., Stres, B., Rusjan, D., Potisek, M. & Regvar, M. (2017). Ecological and conventional viticulture gives rise to distinct fungal and bacterial microbial communities in vineyard soils. *Applied Soil Ecology*, 113, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.007>
- Lin, H. & Hülsbergen, K. (2017). A new method for analyzing agricultural land-use efficiency, and its application in organic and conventional farming systems in southern Germany. *European Journal of Agronomy*, 83, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.003>
- Locker, C. R., Torkamani, S., Laurenzi, I. J., Jin, V. L., Schmer, M. R. & Karlen, D. L. (2019). Field-to-farm gate greenhouse gas emissions from corn stover production in the Midwestern US. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1116-1127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.154>
- Lockeretz, W. (2007). *Organic farming: an international history*. CABI. 1.8. London. <https://doi.org/10.1079/9780851998336.0000>
- Luna, E. O., Cantú, I. & Bejar, S. J. (2022). Efectos del cambio climático en la gestión sostenible del recurso suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, 16(3), 7-e1097. <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.1097>
- Marín, S., Bertsch, F. & Castro, L. (2017). Efecto del manejo orgánico y convencional sobre propiedades bioquímicas de un andisol y el cultivo de papa en

- invernadero. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 27-46.
- Mazari, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua. *Problemas del Desarrollo*, 45(177), 199-201.
- Mazoyer, M., & Roudart, L. (2006). *A history of world agriculture: from the neolithic age to the current crisis*. Editorial Routledge.
- Medina, R. C., García, S. J., Carrillo, M. D., Cobos, F. & Parismoreno, L. L. (2023). Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2).
https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2812
- Meier, M. S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C. & Stolze, M. (2015). Environmental impacts of organic and conventional agricultural products—Are the differences captured by life cycle assessment?. *Journal of Environmental Management*, 149, 193-208.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.006>
- Meng, Q. F., Li, D. W., Zhang, J., Zhou, L. R., Ma, X. F., Wang, H. Y. & Wang, G. C. (2016). Soil properties and corn (*Zea mays* L.) production under manure application combined with deep tillage management in solonchic soils of Songnen Plain, Northeast China. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(4), 879-890.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61196-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61196-0)
- Mogollón, J. P., Martínez, A. & Rivas, W. (2014). Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*, 44(1), 22-28.
- Mondini, C., Bigot, G., Sinicco, T. & Mosetti, D. (2019). Biochemical indicators of soil fertility in vineyards with different conservative management systems. *BIO Web of Conferences*, 13, e04009.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304009>
- Montiel, K. & Muhammad, I. (2016). *Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático*. Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Nunes, F. C., L. Alves, C. Carvalho, Gross, E., Marchi, T. & Prasad, M. (2020). Chapter 9-Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security. In: Vara Prasad, M. N. & M. Pietrzykowski (Eds). *Climate Change and Soil Interactions*. Elsevier, pp. 229-269.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00009-6>
- Nuñez, J. L., Pérez, J. & Prado, J. V. (2023). Análisis de indicadores e índices de calidad de suelos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(6).
<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3148>
- Orr, C. H., Stewart, C. J., Leifert, C., Cooper, J. M. & Cummings, S. P. (2015). Effect of crop management and sample year on abundance of soil bacterial communities in organic and conventional cropping systems. *Journal of Applied Microbiology*, 119(1), 208-214.
<https://doi.org/10.1111/jam.12822>
- Osanaí, Y., Knox, O., Nachimuthu, G. & Wilson, B. (2020). Contrasting agricultural management effects on soil organic carbon dynamics between topsoil and subsoil. *Soil Research*, 59(1), 24-33.
<https://doi.org/10.1071/SR19379>
- Papendick, R. I. & Parr, J. F. (1992). Soil quality—the key to a sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7(1-2), 2-3.
<https://doi.org/10.1017/S0889189300004343>
- Ponisio, L. C., M'Gonigle, L. K., Mace, K. C., Palomino, J., de Valpine, P. & Kremen, C. (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1799).
<https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Pozo, J. M. G. & Beltrán, Á. R. P. (2024). Impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud ocupacional de los agricultores. *CIENCIAMATRIA*, 10(1), 33.
<https://doi.org/10.35381/cm.v10i1.1252>
- Reganold, J. P. & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 1-8.
<https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Rivera, Á. P. S., Carrero, D. A. S., Cardozo-Muñoz, J., Sánchez, F. R., Meléndez-Mazabel, J. & Borda-

- Chingate, L. S. (2023). Fitorremediación con Brassicaceae y Apiaceae en suelos contaminados con metales pesados. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), 17. <http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.51493>
- Rivero H. M.; Mozena L. W.; de Brito Ferreira, E. P. (2016). Carbono microbiano del suelo bajo manejo agroecológico en condiciones tropicales. *Avances*, 18(1), 57-65.
- Rodríguez, C. E. H., Carrazana, Y. B., Ríos, C., Medina, P. M. & González, O. (2015). Evaluación de manejo conservacionista en suelo Pardo Grisáceo. *Centro Agrícola*, 42(3), 25-33.
- Santillán, M.L. (2016). *Así funcionan los biofertilizantes*. UNAM. http://ciencia.unam.mx/leer/570/Asi_funcionan_los_biofertilizantes
- Santos, J. A. & Domingues, J. V. (2020). ¿Agroecología o agricultura orgánica?. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 15(5), 167-177. <https://doi.org/10.33240/rba.v15i5.23222>
- Seufert, V., Ramankutty, N. & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera) (2019a). *Inventario nacional de Infraestructura de Agricultura Protegida*. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera) (2019b). *Atlas agroalimentario 2018*. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Sih, D., Dari, B., Sharma, D. K., Pathak, H., Nain, L. & Sharma, O. P. (2017). Evaluation of soil health in organic vs. conventional farming of basmati rice in North India. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180(3), 389-406. <https://doi.org/10.1002/jpln.201700128>
- Soto, G. (2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 215-226. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.13>
- Sumberg, J., & Giller, K. E. (2022). What is 'conventional' agriculture?. *Global Food Security*, 32, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100617>
- Timsina, J. (2018). Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand? *Agronomy*, 8(10), 214. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100214>
- Trigoso, D., Florida, N. & Rengifo, A. (2023). Indicadores fisicoquímicos del suelo con manejo convencional del arroz (*Oriza sativa* L.) bajo riego. La granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 37(1), 117-129. <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.09>
- Veni, V.G., C. Srinivasarao, K.S. Reddy, K.L. Sharma & A. Rai. 2020. Soil health and climate change. In *Climate Change and Soil Interactions*, pp. 751-767. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00026-6>
- Wachter, J. M., Painter, K. M., Carpenter-Boggs, L. A., Huggins, D. R. & Reganold, J. P. (2019). Productivity, economic performance, and soil quality of conventional, mixed, and organic dryland farming systems in eastern Washington State. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 286, e106665. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106665>
- Wang, Q., Xie, Z. & Li, F. (2015). Using ensemble models to identify and apportion heavy metal pollution sources in agricultural soils on a local scale. *Environmental Pollution*, 206, 227-235. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2015.06.040>
- Wang, Y., Li, C., Tu, C., Hoyt, G. D., DeForest, J. L. & Hu, S. (2017). Long-term no-tillage and organic input management enhanced the diversity and stability of soil microbial community. *Science of The Total Environment*, 609, 341-347. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.053>
- WBG (World Bank Group) (2019). *Agricultural land*. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2?end=2016&start=1961>
- Willer, H. & Lernoud, J. (2017). *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2015*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL); Frick; IFOAM-Organic International: Germany.

- Williams, D.M., Blanco-Canqui, H., Francis, C.A. & Galusha, T. D. (2017). Organic farming and soil physical properties: An assessment after 40 years. *Agronomy Journal*, 109(2), 600-609. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2016.06.0372>
- Yuan, Y., Dai, X. & Wang, H. (2019). Fertilization effects on CH₄, N₂O and CO₂ fluxes from a subtropical double rice cropping system. *Plant, Soil and Environment*, 65(4), 189-197. <https://doi.org/10.17221/453/2018-PSE>

SUCESOS HISTÓRICOS DE NOGAL (*Carya illinoensis*) EN SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MÉXICO

HISTORICAL EVENTS OF WALNUT (*Carya illinoensis*) IN SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MEXICO

¹Chantal Daimarely Vásquez-Contreras^{id}, ¹Vicente Arturo Velasco-Velasco^{id}, ²Jasciel Chairez-Aquino^{id},
¹Yuri Villegas-Aparicio^{id}, ¹Gerardo Rodríguez-Ortiz^{id}

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Oaxaca. México.

²Programa Producción para el Bienestar, Magdalena Teitipac. Técnico independiente. Oaxaca. México. [§]Autor de correspondencia: (vicente.vv@voaxaca.tecnm.mx).

Introducción. Diferentes especies de ardillas, otros roedores y cuervos contribuyeron a la evolución de las Juglandaceae en dos géneros: nuez inglesa, conocida en México como nuez de castilla (*Juglans*) y nuez pecanera (*Carya*), estos grupos se dispersaron por América del Norte, Asia y Europa; posteriormente, los humanos fueron agentes clave con la propagación mundial de las especies de nuez inglesa y nuez pecana (*Carya illinoensis*) (Frei, 2021).

El nogal pecanero es originario del sureste de EE.UU de los estados de Texas, Luisiana, Mississippi, Arkansas y Missouri, extendiéndose hasta el norte, sur de Nebraska, Iowa, Illinois e Indiana, oeste de Kentucky, este de Tennessee y norte de México; las nueces crecieron en suelos aluviales del río Mississippi y sus afluentes de donde derivan las primeras arboledas; así mismo, se extiende hacia los ríos de México de acuerdo a diferentes investigadores (Ernst-Matt, 2017; Hurrell et al., 2011; Driver & Ames, 2000; Gray, 1973).

En 1818 Thomas Nuttall propuso el nombre del género *Carya* en su libro "The Genera of North American Plants", nombre tomado del griego antiguo "karya" que significa nuez (Frei, 2021). Conocidas también como "nueces de Illinois" aun cuando no eran de Illinois, EE. UU, debido a que fueron introducidas a la costa atlántica por mercaderes de pieles, de esta manera obtuvieron el nombre botánico "*illinoensis*", *Carya illinoensis* frecuentemente se escribe

incorrectamente como *Carya illinoensis* (Rollenbeck, 2014). A partir de 1871 se iniciaron las primeras plantaciones comerciales del nogal pecanero en Estados Unidos de América y, en 1904 se establecieron las primeras plantaciones comerciales en el estado de Nuevo León, México (Gray, 1973). Este cultivo de interés económico en los últimos años ha posicionado a México en el mercado como actor importante en su producción y exportación (Orona-Castillo et al., 2019).

La nuez pecanera representa una actividad económica con una producción nacional de 174 736.12 t, en 2020 se posicionó como segundo exportador de nuez pecanera sin cáscara, los principales destinos fueron EE. UU 78.4 %, China 14 % y Hong Kong 4.1 % (SADER, 2021). Los principales estados productores son (t/año): Chihuahua (105 035.08), Sonora (32 031.60), Coahuila (18 593.61) y en noveno lugar, Oaxaca (413.72) (SIAP, 2022).

En Valles Centrales de Oaxaca se produce nuez pecanera en los municipios de Zaachila en 72.50 ha (268.25 t), Cuilápam de Guerrero en 31.00 ha (116.87 t) y San Raymundo Jalpan en 5.50 ha (21.40 t) (SIAP, 2022); las tres localidades acumulan el 98.3 % de la producción total estatal. Se establecieron las primeras plantaciones en la década de 1940, como prueba piloto por las expectativas que ha mostrado el cultivo a nivel nacional, los productores participantes obtienen ingresos e identidad por la práctica de este cultivo.

¿Por qué es importante rescatar los sucesos históricos? La memoria permite a los individuos recordar eventos del pasado, los diferentes grupos sociales conservaron y transmitieron a sus nuevas generaciones conocimiento y acontecimientos dentro de su entorno natural. Toledo y Barrera-Bassols (2008) determinan que la memoria humana es genética, lingüística y cognitiva y se expresa en la disparidad de genes, lenguas y conocimientos, estas permiten revelar los vínculos que la humanidad ha instaurado con la naturaleza, entender el presente y como resultado de elementos para la planeación del futuro relacionado a sucesos transcurridos e incluso a sucesos inesperados.

El objetivo de la investigación fue describir los sucesos históricos y actuales de las unidades de producción de nogal en la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México, para proyectar estrategias y programas de capacitación que permitan un mejor entendimiento y manejo de los árboles de nogal y de las unidades de producción.

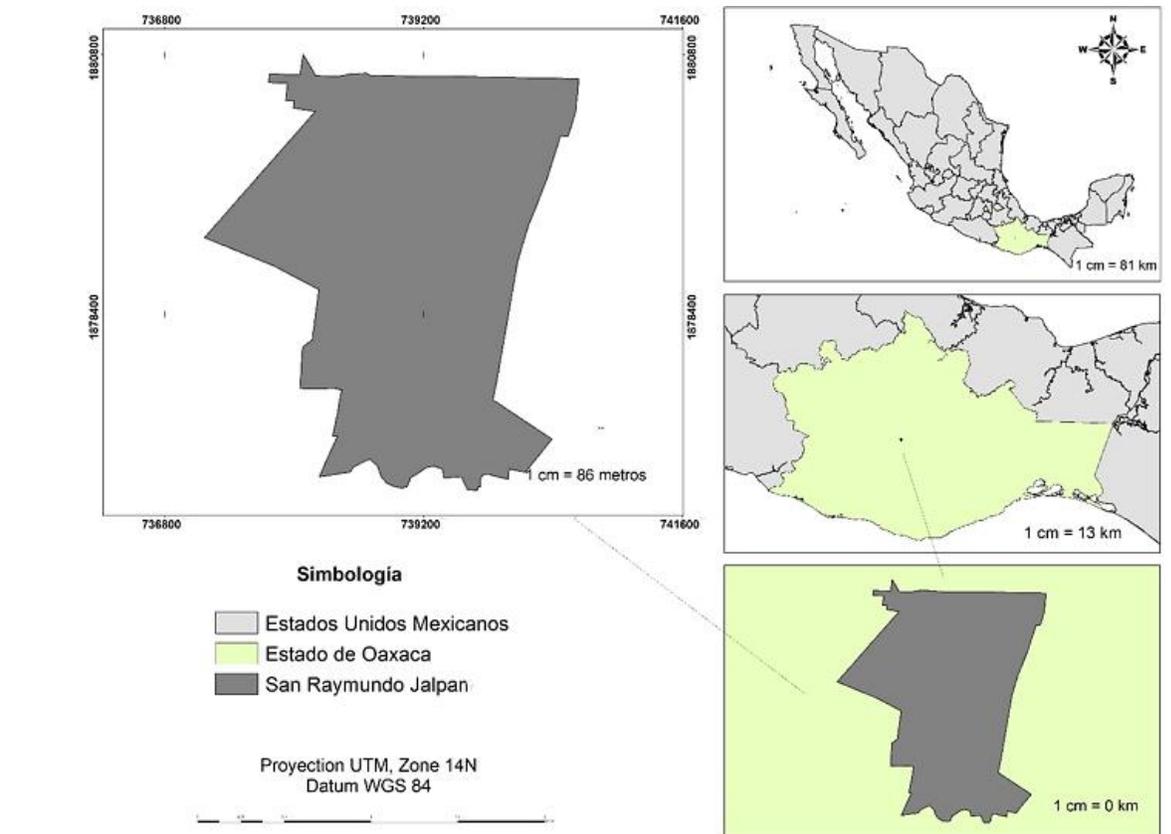
Desarrollo. El estudio se realizó en 2023 en la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México que se ubica en 16° 58' 13" LN y 96 ° 45 ' 20 " LO, a una altitud de 1520 m (INEGI, 2021). La temperatura oscila entre 20 °C y 22 °C, con precipitación de 600 - 700 mm y clima semiseco semicálido, el suelo dominante es vertisol (84.4 %) y regosol (9.5 %), cuenta con una corriente de agua intermitente del río Valiente; el suelo se usa preferentemente para la agricultura (85.6 %) y en menor grado la zona urbana (6.2 %) (INEGI, 2010). El 80 % del área dedicada a la agricultura es de temporal, con variedades criollas cultivadas, principalmente maíz, calabaza, cacahuate, frijol, garbanzo, flor de cempasúchil, flor de borla, jícama con riego y temporal. El municipio cuenta con una población de 4105

habitantes (Secretaría de Economía, 2020). La localidad cuenta con árboles de nogal criollo y mejorado, cultivados en parcelas agrícolas y solares particulares, como parte importante de los huertos familiares (**Figura 1a**).

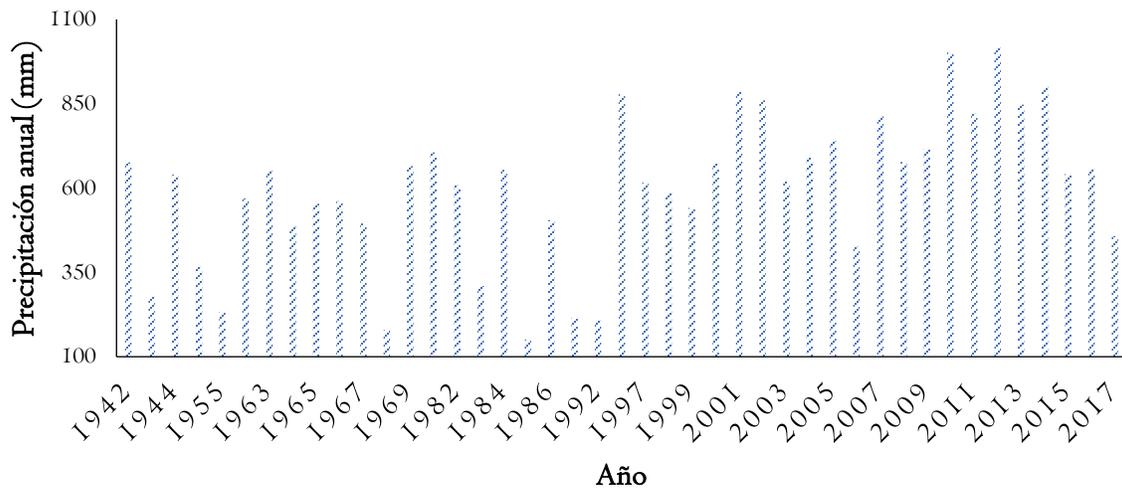
Hernández-Sampieri et al. (2014) describen el enfoque de investigación explicativo el cual “va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, que guía a responder las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales”. Por lo tanto, permite a través de técnicas de investigación la recolección de datos, observación no estructurada, discusión o sesiones en grupo, evaluación de experiencias personales; por esta razón, la presente investigación fue de tipo cualitativo. En 2023 se realizaron talleres participativos donde se obtuvo información relevante para la elaboración de una línea del tiempo. También, la descripción y análisis de sucesos relacionados a las unidades de producción (UP) que presentan el establecimiento de *Carya illinoensis*.

El vínculo se llevó a cabo en una reunión con el Comisariado Ejidal de San Raymundo Jalpan, se definieron los espacios para realizar los talleres participativos con productores de nuez pecana, materiales y acuerdos de colaboración (días y horarios para laborar). La información que se obtuvo fue mediante plenaria, referente a sucesos históricos, establecimiento de huertos, apoyos recibidos del gobierno, plagas (plantas parásitas, insectos y larvas), agua (pluvial y de subsuelo), producción y comercialización. Participaron 20 productores de nogal pecanero, de diferentes edades entre 39 y 78 años.

Se realizó la consulta histórica de la precipitación de 1942 – 2017 con la finalidad de cotejar la información brindada por los productores durante el taller “línea del tiempo” (**Figura 1b**).



a)



b)

Figura I. a) Localización del área de estudio; b) Precipitación anual de 1942-2017, en San Raymundo Jalpan, Centro, Oaxaca. Fuente: (CONAGUA, 2020). Elaboración propia.

A través de una “línea del tiempo” se representa la duración de hechos o acontecimientos, se anota el instante en que acontecen y se consideran aspectos importantes (Vázquez y Reding, 2020). Se construyó con el registro y análisis en plenaria de los sucesos trascendentales en las UP, las anécdotas contadas por sus padres o abuelos, contando como agentes clave las personas de 60 años o más.

En el periodo entre 1940 y 1954 los productores plantaron los primeros nogales criollos en las UP. Los predios se inundaban del agua pluvial. De acuerdo con CONAGUA (2020) en dichos años, se presentó una precipitación promedio anual de 490 mm. En 1965 el río Valiente que tiene su cauce en la jurisdicción de Cuilápam de Guerrero y San Raymundo Jalpan, conservaba agua durante todo el año e inundaba las parcelas aledañas. El transporte de la cosecha de sus productos se realizaba en carretones de madera que tenían llantas de fierro y soportes de madera (Figura 2a), propulsadas por 2 ó 4 bueyes cuando el cauce del río era mayor (Figura 2b). La venta de nuez criolla se realizaba en el mercado local y de Zaachila, y mercados de la ciudad de Oaxaca como 20 de Noviembre y Benito Juárez. La nuez no se intercambiaba a través del llamado “trueque” porque no era un producto de primera necesidad, por lo tanto se comercializaba por “cientos” (100 piezas) a \$ 0.50 - \$ 1.00 (moneda de peso mexicano). Se utilizaban “Manas” (Figura 2c) que eran 10 nueces aproximadamente en las palmas de las dos manos juntas, teniendo un costo de ¢ 5 - 10; como “petacas” (bolsa), “piscadores o canastos” (Figura 2d), que consistía en 1000 nueces aproximadamente, dependiendo el tamaño de las piezas, con un costo de \$ 10.00 - \$ 15.00. El traslado de la nuez y otros productos agroalimentarios se realizaba en el tren que transitaba la ruta Oaxaca-San Jerónimo Taviche, Ocotlán.

En el periodo de 1976 a 1978 se detectó la aparición de muérdago (*Psittacanthus calyculatus* D.C) G. Don, planta parásita (Heike, 2010) conocida localmente como “liria” en nogales

criollos (Figura 2e), y aparición de la oruga llamada localmente “carnero” (Figura 2f) cuyo nombre científico es “*Automeris metzli*, Lepidoptera: Saturniidae, que provoca afectaciones a la salud de las personas por erucismo, como dolor, inflamación e irritación en el área expuesta, recomendando evitar contacto directo” (Collantes-González, 2022). También se menciona la presencia excesiva de abundante agua pluvial y manto acuífero a poca profundidad, lo cual favoreció a los nogales y todo tipo de cultivos que sembraban los agricultores.

Durante el periodo entre 1980 y 1981 se introdujo nuez mejorada (nuez de papel variedad Western y Wichita) por apoyo estatal, realizado en la administración municipal del C. Casimiro Cosme. Además, en estos años se registró la introducción de diversos árboles frutales por la Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT), como parte del programa para impulsar la fruticultura en el país, se apoyó el establecimiento del cultivo de nogal integrando la propagación de especies (Rosas, 1995), el limón mexicano injertado, naranjo valencia, mango, macadamia, plátano (González-Sánchez, 1989) y la propagación masiva de mango “Ataulfo” (Mendoza-Hernández et al., 2020). Se construyeron los primeros pozos para uso agrícola por iniciativa de los productores, el agua subterránea se localizaba a 1.0 m de profundidad como resultado de una precipitación anual promedio 625.5 mm (CONAGUA, 2020). La nuez criolla que obtenían los agricultores era aproximadamente de 30 millares por árbol, lo equivalente a tres piscadores.

En 1985 los productores de nuez criolla germinaron las semillas del nogal, con el fin de incrementar la extensión del cultivo, seleccionaban semillas con características sobresalientes como testa blanda, almendra grasosa y con sabor agradable, sin embargo, las plantas que obtuvieron mostraron características muy diferentes, debido a la polinización cruzada por el viento y entre los mismos árboles (González-Pérez, 2017).

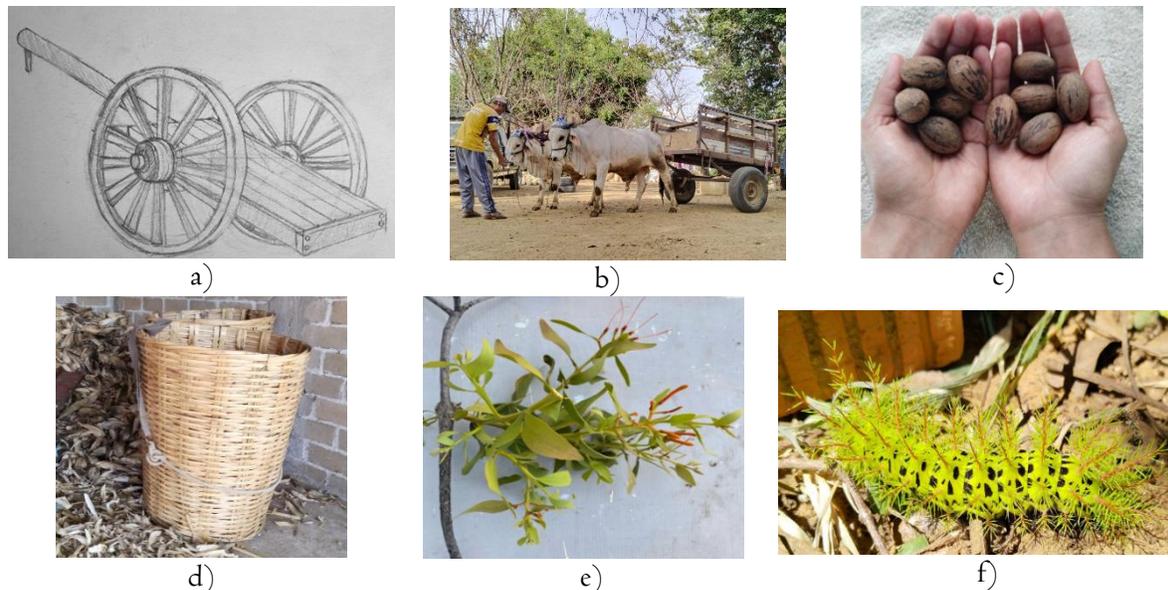


Figura 2. Transporte, comercialización y plagas del nogal de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México. a) carretón antiguo con llantas de hierro; b) carreta actual con llantas de hule; c) medida de venta de nuez "mana"; d) piscador, utilizado para transportar nuez o maíz; e) "Liria" (*Psittacanthus calyculatus*) (D.C) G. Don (Heike, 2010) observada en nogal pecanero y f) larva urticante (*Automeris metzli*) encontrada en nogales (Collantes-González, 2022).

En 1990 los productores recibieron apoyo estatal para realizar injertos en nogales criollos con varetas de nuez mejorada (Wichita o Western) conocida como nuez de papel, el prendimiento fue menor al 90 %. Entre 1992 y 1993 el precio de la nuez en el mercado nacional estaba en \$ 5.00/100 nueces ("ciento"). En el año 2000 se presentó el huracán Carlotta (CONAGUA, 2000), el río Valiente se desbordó e inundó las parcelas. Los cultivos se desarrollaron de manera satisfactoria, quizás porque la precipitación obtenida fue 672 mm anuales (CONAGUA, 2020). En el 2003 el agua para uso agrícola se localizaba a 3 m de profundidad, aún favorecía el uso para actividades agropecuarias, por tal motivo se podía realizar la siembra del cultivo de caña, ya que es muy demandante de este elemento hídrico. Entre el periodo de 2005 a 2008 los productores registran la presencia de capullos de *Megalopyge* sp. (Figura 3a) en sus nogales, se localizan en las partes altas de las ramas y sombreadas por las hojas, estos capullos pueden causar urticaria al contacto con la piel, por lo que se dificulta la realización de podas de limpieza del muérdago. Entre 2010 y 2011 se

detectó la presencia de muérdago tipo enredadera (Figura 3b) durante su crecimiento va enredándose en las ramas de manera vigorosa, por tal motivo la eliminación de "liria" debe ser realizada una vez que se observe la existencia de esta vegetación, o bien, poda de limpieza cuando entran en dormancia los nogales. La comercialización se realizó de manera local la venta de nuez criolla (Figura 3c) a personas del estado de Chihuahua, compraban la nuez por \$ 10.00 kg⁻¹, llevándose un aproximado de 6 - 10 t de nuez criolla.

En el año 2013 a través de la administración municipal del C. Roberto Velasco Cosme, gestionó un apoyo de gobierno para la eliminación del muérdago de nogales, con una participación mínima de los productores, dado que no todos tuvieron el conocimiento de este apoyo. En 2020 los productores detectaron la presencia de termitas o isópteras en nogales (Figura 3d), las cuales al entrar en al tronco pueden secar los árboles. Personas provenientes del estado de Chihuahua comercializan nuez de papel a un costo de \$ 120.00 kg⁻¹ que contiene alrededor de 130 nueces.



Figura 3. Plagas y fruto de nogal: a) capullos de *Megalopyge* sp en nogal (*Carya illinoensis*) criollo; b) nuez criolla; c) “Liria” tipo enredadera, seca, y d) afectación por termitas en tronco de nogal criollo.

Para el año 2022 el agua para uso agrícola ya se localizaba a 15 m de profundidad, afectando su aprovechamiento para la irrigación de los diversos cultivos establecidos por los productores, aunado a esto la escasa agua pluvial. La cosecha de nuez criolla que obtuvieron los productores fue de 5000 - 6000 por árbol. En el mercado local se realizó por \$ 20.00 - \$ 80.00 el ciento, esto en relación con el tamaño y calidad del fruto (nuez criolla). El precio de la nuez de papel fluctuaba en \$ 120 un ciento.

Prospectiva. Históricamente las *UP* de nogal enfrentaron retos como inundaciones por el desbordamiento del río Valiente, plagas, muérdago y oruga. En la actualidad, la falta de un programa de manejo técnico productivo, la escasez de agua pluvial y de subsuelo son desafíos críticos, aunado a esto la edad de los productores y el

cambio de uso de suelo reduce la expansión de las plantaciones. El presente estudio proporciona una línea de tiempo detallada de eventos clave en la historia de las *UP* de nogal, de tal manera que sirve como base para abordar los desafíos actuales y futuros. Se espera que, con la implementación de programas de manejo técnico productivo, pueda mejorar su productividad y adaptarse a condiciones cambiantes del entorno. Es conveniente incluir las asesorías técnico-productivas, estudios que permitan el acceso a mercados externos. Los datos del presente trabajo pueden utilizarse para diseñar estrategias de manejo efectivas, desarrollar programas de capacitación para los productores y promover la diversificación de los mercados para mejorar la resiliencia y competitividad.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCyT por el apoyo económico otorgado a la primera autora, para la realización del proyecto. Al presidente del comisariado ejidal C. Emiliano Martínez Nava y consejo de vigilancia C. Juana Velasco Morales, C. Teresa Cosme Velasco, C. Saúl Martínez Velasco del municipio de San Raymundo Jalpan, Centro Oaxaca, así como a los productores C. Pedro Vásquez, C. Alicia Nava, C. Omar Cabrera, C. Tomasa Vásquez, C. Alberto Vásquez, C. Elías Pérez, C. Fortunato Vivas, C. Eulogio Cosme, C. Ruperto Velasco, C. Juana Velasco, C. Teresa Cosme, C. Auria Vásquez, C. Inés Benítez, C. Juana Contreras, C. Estelita Martínez y C. César Martínez, por su participación en proporcionar información para el estudio. Al Ing. David Chairez Aquino por su apoyo brindado en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

Collantes-González, R. D. (2022). Larva urticante *Automeris metzli* (Salle, 1853) (Lepidoptera: Saturniidae) en áreas verdes urbanas de David, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigación Agraria*, 4(3), 27-32. <https://doi.org/10.47840/ReInA.4.3.1554>

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2000). Ciclonés Tropicales 2000. *Gerencia de Meteorología y Climatología Subgerencia de Pronóstico Meteorológico Centro Nacional de Previsión del Tiempo*. Huracán Carlotta. [https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2000 - Carlotta.pdf](https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2000-Carlotta.pdf)

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2020). Información Estadística Climatológica. *Base de datos climatológica. Estación: 20078-20354-20209*. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Diarios/20078.txt>, <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Diarios/20354.txt> <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Diarios/20209.txt>

Driver, S. & Ames, G. (2000). *Sustainable Pecan Production*. Horticulture Production Guide. ATTRA Project is operated by the National Center for Appropriate Technology.

Ernst-Matt. (2017). *Pecans*. CCD-CP-129. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/pecans.pdf>

Frei J. (2021). A Brief History of Juglandaceae. *Arnoldia*, 78(3), 10-17.

González-Pérez, S. (2017). *Duraznero; Ecofisiología, Mejoramiento genético y manual para su cultivo*. Universidad autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Químicas, Área Agrícola. México.

González-Sánchez J. (1989). CONAFRUT: mejora la producción frutícola. *Diario de Colima*. Pp I

Gray, O. S. (1973). Consider pollen when planting. *The Pecan Quarterly*, 7(3), 24-25.

Heike, V. (2010). *Malezas de México. Psittacanthus calyculatus*- Ficha informativa. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/loranthaceae/psittacanthus-calyculatus/fichas/ficha.htm#:~:text=Psittacanthus%20calyculatus%20%2D%20ficha%20informativa>

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodologías de la investigación*. (6a. Ed), México D.F. McGraw-Hill.

Hurrell J. A., Delucchi G. & Keller H. A. (2011). *Carya illinoensis* (Juglandaceae) adventicia en la Argentina. *Bonplandia*, 20(1), 47-54.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010*. San Raymundo Jalpan, Oaxaca. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20342.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática). (2021). *Aspectos*

- geográficos. Oaxaca.
http://en.www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_20.pdf
- Mendoza-Hernández, C., Rosas-Quijano, R., Vázquez-Ovando, A. & Gálvez-López, D. (2020). Retos y controversias del mango Ataulfo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(7), 1633-1645. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2199>
- Orona-Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Cervantes-Vázquez, M. G., Espinoza-Arellano, J. D. J. & Núñez-Moreno, J. H. (2019). La producción y comercialización de nuez pecanera en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(8), 1797-1808. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1833>
- Rollenbeck R. (2014). *Carya illinoensis*–Pekannussbaum, Pekan (Juglandaceae). *Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins*, *5*, 173-177.
- Rosas D. D. (1995). *Análisis económico de la agroindustria nogalera en el estado de Nuevo León una alternativa de desarrollo*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2021). *Segundo exportador mundial de nuez pecanera sin cáscara*. 7 de octubre, Ciudad de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-segundo-exportador-mundial-de-nuez-pecanera-sin-cascara?idiom=es>
- Secretaría de Economía. (2020). *Data México. San Raymundo Jalpan*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/san-raymundo-jalpan>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola. *Cultivo: nuez encarcelada (pecanera)*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Toledo, V. M., y Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Vol. 3. Editorial Icaria.
- Vázquez L. E. & Reding B. G. (2020). *Línea del tiempo*. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3281>