

En este libro se abordan los principales efectos propiciados en el ambiente interno de las estructuras utilizadas para proteger cultivos, resultado de colocarles diferentes tipos de cubiertas permeables o impermeables al viento y a la lluvia, combinadas con las características de las instalaciones como la altura, el ancho y su orientación, además de los equipos utilizados para el acondicionamiento y las estrategias de manejo implementadas. Varios de estos efectos los abordan diferentes autores, cuando tratan sobre temas como la luz o en viento, aquí se describen por separado con una finalidad didáctica. El más conocido, de estos cambios en el micro clima interno, es el efecto invernadero otros más son; el efecto sombreado o sombrilla, el efecto impermeable o paraguas, el efecto rompe viento o cortaviento, el efecto barrera, el efecto escudo o pantalla, el aumento de humedad relativa o efecto oasis, el efecto de disminución de CO² o efecto de atmosfera enrarecida, el efecto chimenea, el efecto sifón o Venturi, el efecto difusor de la luz, el efecto térmico, el efecto hermetismo, el efecto de distribución diferencial de la temperatura, el efecto vela o empuje, el efecto de condensación del vapor de agua, así como los efectos protección y abrigo. Los cuales se manifiestan en las diferentes estructuras, pero principalmente en los invernaderos.



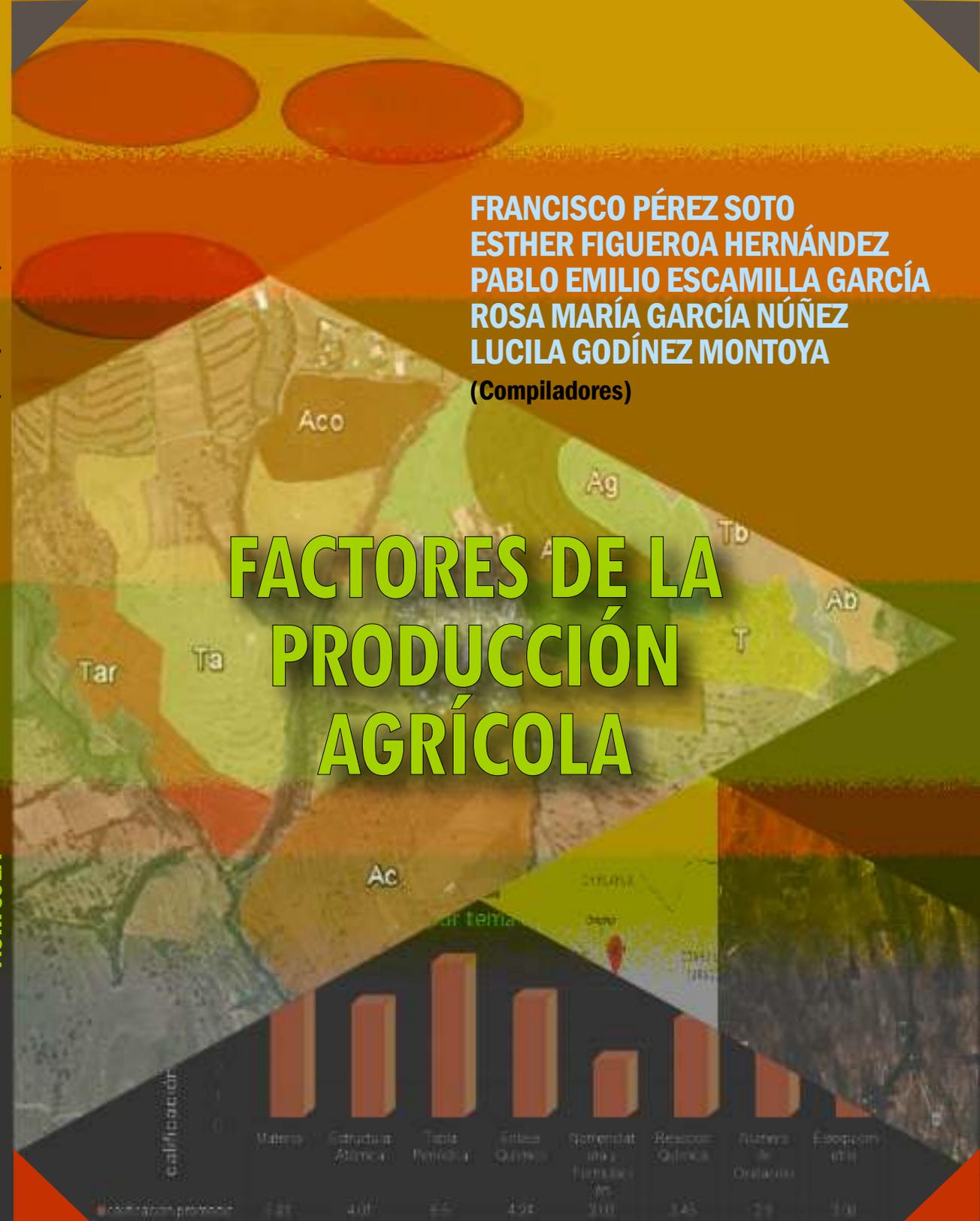
ASMIIA, A.C.

FACTORES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

FRANCISCO PÉREZ SOTO, ESTHER FIGUEROA HERNÁNDEZ,
PABLO EMILIO ESCAMILLA GARCÍA, ROSA MARÍA GARCÍA NÚÑEZ
LUCILA GODÍNEZ MONTOYA (Compiladores)

FACTORES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

FRANCISCO PÉREZ SOTO
ESTHER FIGUEROA HERNÁNDEZ
PABLO EMILIO ESCAMILLA GARCÍA
ROSA MARÍA GARCÍA NÚÑEZ
LUCILA GODÍNEZ MONTOYA
(Compiladores)



FACTORES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Francisco Pérez Soto, Esther Figueroa Hernández,
Pablo Emilio Escamilla García, Rosa María García Núñez,
Lucila Godínez Montoya
(Compiladores)

FACTORES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



ASOCIACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA A.C.



ASOCIACIÓN
MEXICANA DE
INVESTIGACIÓN
INTERDISCIPLINARIA A.C.

FACTORES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

ÍNDICE

Capítulo I

Caracterización de películas bioactivas elaboradas a partir de miel y quitosano
Edgar Fernández Hernández, Ofelia Sandoval Castilla,
Juan Carlos Cuevas Bernardino, Neith Aracely Pacheco López.....9

Capítulo II

Diagnóstico del perfil de inicio de los estudiantes de preparatoria agrícola que cursan
las asignaturas de química I (QI), química II (QII) y química III (QIII)
Antonia González Ugalde, José Guadalupe Monroy,
Carlos Albor Calderón, Luz Ma. Rangel Olvera.....22

Capítulo III

Calidad del suelo y salud del maíz (*Zea mays*L.) en san Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla
Rogelio Álvarez Hernández, Miriam Galán Reséndiz, Rocío Gómez Pérez.....33

Capítulo IV

Indicadores de calidad del suelo y salud del agroecosistema milpa,
en Vicente Guerrero, Españita Tlaxcala
Rogelio Álvarez Hernández, Miriam Galán Reséndiz.....47

Capítulo V

Evaluación de arreglo topológico de los cultivos maíz y frijol con mayor rentabilidad
para pequeñas unidades de producción en el Estado de Nayarit
Marco Antonio Medina Covarrubias, Beatriz Guillermina Arrieta Ramos,
Gregorio Luna Esquivel, Karina Pérez Robles.....61

Primera edición en español 2022

ISBN: 978-607-99509-4-1

D.R. © Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. (ASMIIA, A.C.)

Editado en México

Política de acceso abierto. Este libro proporciona acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global del conocimiento, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando el crédito a los autores y a la ASMIIA, A.C. Cada trabajo es responsabilidad exclusiva de sus autores y se publican por respeto a la pluralidad, y no necesariamente expresan los puntos de vista de ASMIIA, A.C.

Capítulo VI

Evaluación de la complementación de la nutrición vegetal en la producción tradicional de maíz (*Zea mays* L.) criollo en la Sierra Nororiental de Puebla
Disraeli Eron Moreno Guerrero, Libia Iris Trejo Téllez,
Sara Monzerra Ramírez Olvera, María Guadalupe Peralta Sánchez.....77

Capítulo VII

La Agricultura Protegida y los Efectos Fomentados por las Cubiertas
Aurelio Bastida Tapia.....89

Capítulo VIII

Estrategia metodológica para la configuración de Farmacias Vivientes Comunitarias
Felipe Reyes Fuentes, Ameyali Hernández Hernández,
María Joaquina Sánchez Carrasco.....104

Capítulo IX

Desarrollo sostenible del desierto Chihuahuense y la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas: Análisis comparativo de la producción de goma de mezquite (*Prosopis glandulosa*) con dos fórmulas de etileno en población nativa en Naica, Chihuahua
José Eduardo Magaña Magaña, Jorge Arturo Fernández Castillo,
María Guadalupe Macías López, Fabiola Iveth Ortega Montes.....118

Capítulo X

Manejo alternativo de *Colletotrichum gloesporoides* en papaya
Eduardo Santiago Elena, Vicente Hernández Valencia,
Disraeli Eron Guerrero Moreno, Karla Giovana Elizalde Gaytán.....131

Capítulo XI

Níquel aumenta el peso de biomasa, y modifica la concentración de macro y micro nutrientes en hojas fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)
Disraeli Eron Moreno Guerrero, Libia Iris Trejo Téllez,
Sara Monzerra Ramírez Olvera, Robert Vilchis Zimuta.....143

Presentación

En este tomo se revisan los siguientes temas:

CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS BIOACTIVAS ELABORADAS A PARTIR DE MIEL Y QUITOSANO, donde el objetivo de ese estudio fue el desarrollo y caracterización de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de películas de quitosano y de mezclas de quitosano con almidón de maíz y miel.

DIAGNÓSTICO DEL PERFIL DE INICIO DE LOS ESTUDIANTES DE PREPARATORIA AGRÍCOLA QUE CURSAN LAS ASIGNATURAS DE QUÍMICA I (QI), QUÍMICA II (QII) Y QUÍMICA III (QIII), tuvo como finalidad evaluar los conocimientos previos de química que adquirió el alumno en cada una de esas asignaturas.

CALIDAD DEL SUELO Y SALUD DEL MAÍZ (*ZEAMAYZ* L.) EN SAN PABLO TEPETZINGO, TEHUACÁN, PUEBLA; es un trabajo para caracterizar el cultivo de maíz con base en el conocimiento local y científico, a través del diseño y evaluación de indicadores, simples y observables en campo.

INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO Y SALUD DEL AGROECOSISTEMA MILPA, EN VICENTE GUERRERO, ESPAÑITA TLAXCALA; se realizó esta investigación para identificar la calidad del suelo y la salud de la milpa con base en el conocimiento local y científico que permita diseñar estrategias para su manejo, a través de la construcción y evaluación de indicadores simples y observables en campo.

EVALUACIÓN DE ARREGLO TOPOLOGICO DE LOS CULTIVOS MAÍZ Y FRIJOL CON MAYOR RENTABILIDAD PARA PEQUEÑAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN EN EL ESTADO DE NAYARIT; tuvo el fin de coadyuvar en la conservación de los recursos naturales e incidir en la solución de la pobreza alimentaria de los productores de subsistencia y sus familias de ese estado.

EVALUACIÓN DE LA COMPLEMENTACIÓN DE LA NUTRICIÓN VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN TRADICIONAL DE MAÍZ (*ZEAMAYS* L.) CRIOLLO EN LA SIERRA NORORIENTAL DE PUEBLA; su objetivo fue estudiar el efecto de diferentes fertilizantes como complemento en la nutrición vegetal del cultivo de maíz criollo de temporal.

LA AGRICULTURA PROTEGIDA Y LOS EFECTOS FOMENTADOS POR LAS CUBIERTAS, tiene la finalidad de abordar dichos efectos agrupados en las siguientes categorías; los efectos derivados o relacionados con la lluvia y la humedad ambiental, efectos derivados o relacionados con el manejo de la luz y la energía radiante del sol, efectos derivados y relacionados con el manejo de la temperatura, efectos derivados del movimiento del aire y la temperatura interna, efectos derivados o relacionados con el viento y las corrientes de aire.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA CONFIGURACIÓN DE FARMACIAS VIVIENTES COMUNITARIAS; es un trabajo que sirve para exponer la metodología participativa que se ha desarrollado e implementado por más de diez años en una comunidad hidalguense.

DESARROLLO SOSTENIBLE DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE Y LA AGENDA 2030 DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE GOMA DE MEZQUITE (*PROSOPIS GLANDULOSA*) CON DOS FÓRMULAS DE ETILENO EN POBLACIÓN NATIVA EN NAICA, CHIHUAHUA; donde el objetivo de la investigación fue comparar la producción de goma de la planta de mezquite con la utilización de una hormona vegetal con dos diferentes concentraciones.

MANEJO ALTERNATIVO DE *COLLETOTRICHUM GLOESPOROIDES* EN PAPAYA; su objetivo fue evaluar la eficacia biológica de diversos productos alternativos utilizados para el manejo de ese producto.

Finalmente, NÍQUEL AUMENTA EL PESO DE BIOMASA, Y MODIFICA LA CONCENTRACIÓN DE MACRO; es una investigación que tuvo como objetivo evaluar el efecto del níquel (Ni), en el peso de biomasa fresca y seca, así como la concentración de macro y micro nutrientes en hojas de plantas de la fresa.

Fraternalmente

Francisco Pérez Soto

Capítulo I

Edgar Fernández Hernández¹, Ofelia Sandoval Castilla¹,
Juan Carlos Cuevas Bernardino¹, Neith Aracely Pacheco López²

CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS BIOACTIVAS ELABORADAS A PARTIR DE MIEL Y QUITOSANO

RESUMEN

Hoy en día existe un interés creciente en polímeros biodegradables-compostables de fuentes renovables debido a los problemas ambientales causados por los materiales de envasado de alimentos convencionales. El objetivo de este estudio es el desarrollo y caracterización de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de películas de quitosano y de mezclas de quitosano con almidón de maíz y miel. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de películas bioactivas de quitosano, almidón de maíz y miel. Las películas con quitosano de alto peso molecular, almidón y miel presentaron la mayor cantidad de fenoles totales, y las películas Qb-M_A (73.42 ± 2.42), Qa-S-M_H (69.89 ± 0.67) y Qa-M_H (68.57 ± 3.56) la mayor actividad antioxidante (% inhibición). En las propiedades ópticas, se obtuvieron valores de cambio de color (ΔE) de 83.38 ± 1.38 a 85.11 ± 1.66 para películas de quitosano con miel y de 71.12 ± 2.13 a 78.10 ± 0.45 para películas de quitosano con almidón y miel. Las películas elaboradas cuentan con mayor actividad antioxidante y cantidad de fenoles totales, así como aumento en las coordenadas de color a* y b*, obteniendo películas con una mayor tendencia a rojo y amarillo.

Palabras clave: películas, quitosano, bioactivo, miel.

ABSTRACT

Nowadays there is an increasing interest in biodegradable/compostable polymers from renewable sources due to the environmental problems caused by conventional food packaging materials.

¹ Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco Texcoco, Estado de México, 56230, México, fernandezh.edgar@outlook.com

² Centro de Investigación y Asistencia tecnológica y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad Sureste, Carretera Sierra Papacal Km. 5 lote Int 31267, Mérida, Yucatán, 97302, México, jcuevas@ciatej.mx

The objective of this study is the development and characterization of the physicochemical and antioxidant properties of chitosan films and mixtures of chitosan with corn starch and honey. The physicochemical and antioxidant properties of bioactive films of chitosan, corn starch and honey were evaluated. Films with high molecular weight chitosan, starch and honey presented the highest amount of total phenols, and films Qb-MA (73.42 ± 2.42), Qa-S-MH (69.89 ± 0.67) and Qa-MH (68.57 ± 3.56) the highest antioxidant activity (% inhibition). In the optical properties, color change values (ΔE) of 83.38 ± 1.38 to 85.11 ± 1.66 were obtained for chitosan films with honey and of 71.12 ± 2.13 to 78.10 ± 0.45 for chitosan films with starch and honey. The films produced have a higher antioxidant activity and amount of total phenols, as well as an increase in the a* and b* color coordinates, obtaining films with a greater tendency to red and yellow.

Keywords: Films, chitosan, bioactive, honey.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayoría de los materiales de envasado utilizados en la industria alimentaria se producen a partir de polímeros petroquímicos; sin embargo, este material es prácticamente no biodegradable, lo que provoca un efecto negativo en el medio ambiente. En consecuencia, ha habido un interés creciente en los últimos años en desarrollar envases ecológicos y activos para mejorar la seguridad de los alimentos, la calidad, la vida útil y que posean un corto periodo de degradación (Holmes-Hara *et al*, 2018).

Recientemente, empaques de alimentos basados en biopolímeros han ganado gran interés en relación con los problemas ambientales. El almidón y el quitosano son materiales potenciales para su uso en el desarrollo de películas para el envasado de alimentos debido a su carácter renovable y biodegradable (Leceta *et al*, 2013).

Además, la incorporación de agentes antimicrobianos en sistemas de envasado biodegradables en alimentos para prevenir el crecimiento microbiano en la superficie de los alimentos ha sido un área de investigación durante las últimas décadas (Malhotra *et al*, 2015). Por lo que las películas comestibles con propiedades antimicrobianas son una alternativa de empaque para alimentos que evita la contaminación del medio ambiente y garantiza la inocuidad del alimento para el consumidor (Abdul *et al*, 2017). Se han desarrollado y caracterizado las propiedades físicas, mecánicas y microbiológicas de películas hechas de quitosano, glicerol y miel natural, debido al efecto terapéutico de la miel y a que se le atribuyen a esta actividad antimicrobiana y efectos antiinflamatorios (Escárcega-Galaz *et al.*, 2018). Sin embargo, no se ha investigado las propiedades de las películas con diferentes concentraciones de miel o utilizando diferentes tipos de mieles.

Por ello se busca evaluar las características fisicoquímicas y antimicrobianas de películas comestibles a base de quitosano de diferente peso molecular y almidón de maíz, adicionadas con dos diferentes tipos miel para su aplicación como revestimiento en diversos alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales: Quitosano de bajo peso molecular (Qb), Quitosano de alto peso molecular (Qa), almidón de maíz (A) fueron comprados de Sigma-Aldrich (México). Miel de *Apis mellifera* (M_A) y Miel de *Melipona beecheii* (M_M) fueron obtenidas directamente de productores de Mérida, Yucatán. **Reactivos:** glicerol, trolox, ácido gálico, DPPH, ABTS y persulfato de potasio fueron comprados de Sigma-Aldrich (México).

Preparación de películas

Las películas se desarrollaron de acuerdo con la metodología propuesta por Escárcega-Galaz *et al* (2018), con algunas modificaciones. Se prepararon dispersiones de dos distintos quitosanos (de alto y bajo peso molecular) al 2% (p/v) en solución acuosa de ácido acético al 1% y se dejaron reposar 24 horas a 4°C. Para las películas elaboradas con almidón, se prepararon dispersiones de almidón al 2% en agua destilada (p/v), y se llevaron a calentamiento a baño maría a 70°C con agitación constante por 20 minutos y se dejaron reposar por 24 horas a 4°C. A la misma temperatura, se mezclaron las dispersiones de almidón con quitosano al 2% en una relación 25:75 (p/p), hasta obtener una mezcla homogénea. Finalmente para obtener las soluciones formadoras de película (SFP) se mezclaron en una relación 95:5 de quitosano:miel (p/p), se adicionó 30% de glicerol, por cada 100 g de mezcla. Se colocaron en cajas petri muestras de cada SFP de 30 g, cada muestra por triplicado. Se desecaron en un horno a vacío con -0.08 MPa y 50 °C durante 24 h. Posteriormente se despegaron las películas y se colocaron en un desecador con solución saturada de bromuro de sodio durante 48 horas.

Grosor

Se midió el grosor de las películas con un micrómetro digital, de acuerdo con la metodología propuesta por Escárcega-Galaz *et al* (2018), a partir de los datos se obtuvieron los promedios de 5 mediciones de cada película

Color

El color se determinó con la metodología planteada por Escárcega-Galaz *et al* (2018), se midieron las coordenadas CIE-Lab de cada una de las películas utilizando un colorímetro, donde L* es luminosidad, a* corresponde a las coordenadas que van de verde a rojo y b* corresponde a las coordenadas que van de azul a amarillo. Se obtuvo un promedio de 3 mediciones de distintos lugares de la película para L*, a*, b* y calcular el cambio de color (ΔE), cromaticidad (C*) y hue (h) con las siguientes fórmulas.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

Opacidad

La opacidad se determinó con la metodología planteada por Escárcega-Galaz *et al.* (2018), las películas se cortaron en rectángulos de 1 x 3 cm. Se realizó la medición de la absorbancia a 600 nm a cada rectángulo empleando un espectrofotómetro, utilizando como blanco aire. La opacidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$O = \frac{Abs_{600}}{e} \quad (4)$$

donde O es la opacidad, Abs600 es la absorbancia a 600 nm y e es el espesor de la película en mm.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La PVA se determinó con la metodología planteada por Gómez-Luría *et al.* (2017), con algunas modificaciones. Se utilizaron recipientes de vidrio de 3.6 cm de diámetro interno y 8 cm de alto. Se cortaron las películas en círculos de 5.7 cm de diámetro y se sellaron a la boca del recipiente que contenía 6 ml de agua destilada (célula de permeación). Se colocaron en un desecador que contiene sílica a temperatura ambiente (0% HR). El agua transferida a través de la película y absorbida por el desecante se determinó a partir de la pérdida de peso de la celda de permeación. Se pesaron las células de permeación en intervalos de 1 h durante 7 h con una balanza analítica de $\pm 0,0001$ g de precisión.

Contenido de agua, solubilidad y grado de hinchamiento

Se utilizaron las metodologías planteadas por Hafsa *et al.* (2016), para el contenido de agua y Lauriano-Souza *et al.* (2017) para solubilidad y grado de hinchamiento. Se obtuvieron muestras rectangulares de 2 x 2 cm de cada tratamiento y se pesaron (M1) en balanza analítica (precisión 0.0001 g); se secaron las muestras en un horno a 105 °C a peso constante durante 24 horas (M2).

Posteriormente se colocaron las muestras en una caja Petri con 30 ml de agua destilada, y se mantuvieron durante 24 horas a temperatura ambiente para alcanzar el equilibrio. Después se eliminó el agua restante, se secaron superficialmente las muestras con papel filtro y pesaron (M3). Secar nuevamente las muestras de película residual a 70°C durante 24 horas en un horno al vacío para determinar M4. El contenido de agua, solubilidad y grado de hinchazón se calculará con las siguientes fórmulas.

$$\text{Contenido de agua (\%)} = \frac{(M1-M2)}{M1} * 100 \quad (5)$$

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{(M2-M4)}{M2} * 100 \quad (6)$$

$$\text{Grado de hinchamiento (\%)} = \frac{(M3-M2)}{M2} * 100 \quad (7)$$

Fenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó por el método Folin-Ciocalteu de acuerdo con lo planteado por Siripatrawan *et al.* (2016) con algunas modificaciones. Se disolvieron 25 mg de cada película en 3 ml de agua destilada, después se tomó 0.1 ml de la solución mezclarla con 7 ml de agua destilada y 0.5 ml de Folin-Ciocalteu, se agitó en vórtex y dejó reposar por 8 minutos, posteriormente se agregó 1.5 ml de carbonato de sodio (7.5% w/v) y 0.9 ml de agua destilada. Los tubos se agitaron en vórtex y dejaron reposar 30 minutos. Se midió la absorbancia a 765 nm usando un espectrofotómetro, se utilizó la curva de calibración ácido gálico de concentraciones de 50 a 500 ppm. La concentración de fenoles totales en las muestras se expresó en equivalentes de ácido gálico (GAE) por gramo de peso seco (R2 > 0.99).

Actividad Antioxidante (DPPH)

La actividad antioxidante de las películas se evaluó con el método DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) prueba de eliminación de radicales libres de acuerdo con Siripatrawan *et al.*, 2016 con algunas modificaciones. Se preparó una solución de DPPH al 0.2 mM, y se ajustó con metanol hasta una absorbancia entre 0.9 y 0.95 a 517 nm. Se disolvió 25 mg de cada película en 3 ml de agua destilada, después se tomó 750 μ l de la solución, se añadió 250 μ l de solución metanólica de DPPH y agitó, se dejó reposar durante 30 minutos y midió a 517 nm la absorbancia. Para la curva de calibración se utilizaron concentraciones Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2 carboxylic acid) de 0 a 4 ppm diluido en metanol.

Actividad Antioxidante (ABTS)

Se determinó el efecto de barrido del ABTS+ (2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) de cada una de las películas de acuerdo con la metodología de López-Mata, *et al.* 2015 con algunas modificaciones. Se disolvió 25 mg de cada película en 3 ml de agua destilada, después de agitar se dejó reposar durante 24 horas. La solución de ABTS+ se obtuvo haciendo reaccionar una solución stock de ABTS a 7 mM de concentración con persulfato de potasio a 2.45 mM en una relación 1:1. Posteriormente se mantuvo en obscuridad por 12-16 horas antes de usarlo. Se ajustó la solución stock con agua destilada hasta obtener una absorbancia de 0.7 + 0.03 a 734 nm utilizando etanol como blanco. Se mezclaron 100 μ l de la solución de película con 1 ml de ABTS+. Se tomaron las lecturas de la absorbancia exactamente 6 min después de la mezcla. Para la curva de calibración se utilizó Trolox de 0 a 10 ppm diluido en etanol.

RESULTADOS

Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas de las películas son importantes para la apariencia general de la película ya que los consumidores obtienen una característica visual del producto (Siripatrawan & Vitchayakitti, 2016; Ren *et al*, 2017).

En la tabla 1 se presentan las propiedades ópticas de las películas de quitosano. Las películas control de quitosano puro (Q_b y Q_a) y con almidón (Q_b -A y Q_a -A) presentaron valores más altos de luminosidad ($p \leq 0.05$), con valores de a^* cercanos a 0, y de b^* ligeramente amarillo. La adición de miel generó que la luminosidad de las películas disminuyera ($p \leq 0.05$), cambiando a una tonalidad ligeramente rojiza (a^*) y más amarillas (b^*) (Figura 1), similares resultados fueron reportados por Escárcega-Galaz *et al* (2018), para películas de quitosano adicionadas con miel. Esto es debido a los pigmentos presentes en la miel como compuestos polifenoles, carotenoides, xantofilas, entre otros, así como compuestos que contribuyen al color como azúcares, minerales y aminoácidos (Sáinz-Lain & Gómez-Ferreras, 2000).

Tabla 1. Propiedades ópticas de películas de quitosano, almidón y miel

Tratamientos	Opacidad	Color		
		L^*	a^*	b^*
Q_b	0.55 ± 0.05^{cde}	70.47 ± 1.17^{ab}	-1.72 ± 0.05^f	8.42 ± 0.22^f
Q_a	0.48 ± 0.08^{cf}	68.75 ± 0.82^b	-1.50 ± 0.06^f	6.17 ± 0.14^{fg}
Q_b - M_A	0.71 ± 0.10^{ab}	55.03 ± 1.85^e	12.72 ± 0.27^b	61.33 ± 0.26^b
Q_a - M_A	0.73 ± 0.08^a	57.11 ± 0.87^{fg}	14.02 ± 0.57^a	61.51 ± 2.18^b
Q_b - M_M	0.55 ± 0.08^{cde}	58.84 ± 1.48^{cf}	9.70 ± 0.60^c	63.1 ± 3.74^{ab}
Q_a - M_M	0.53 ± 0.01^{de}	56.93 ± 1.57^{fg}	10.66 ± 2.01^c	65.05 ± 3.69^a
Q_b -A	0.37 ± 0.01^{ef}	70.26 ± 0.21^{ab}	-1.38 ± 0.00^f	6.01 ± 0.08^{fg}
Q_a -A	0.34 ± 0.00^f	71.32 ± 0.95^a	-1.20 ± 0.05^f	4.56 ± 0.12^g
Q_b -A- M_A	0.64 ± 0.02^{abc}	64.26 ± 2.37^d	0.58 ± 0.16^e	30.46 ± 0.03^c
Q_a -A- M_A	0.62 ± 0.08^{bcd}	66.56 ± 0.30^c	0.78 ± 0.21^c	30.03 ± 1.01^c
Q_b -A- M_M	0.58 ± 0.03^{cde}	56.02 ± 0.74^e	10.42 ± 0.44^c	53.41 ± 0.53^c
Q_a -A- M_M	0.51 ± 0.06^e	59.26 ± 0.38^c	5.74 ± 0.68^d	47.87 ± 1.25^d

Los datos corresponden a la media \pm la desviación estándar de al menos 3 réplicas. Diferentes letras en la misma columna indica la diferencia significativa ($p < 0.05$). L^* : Luminosidad, a^* : Coordenadas rojo/verde, b^* : Coordenadas azul/amarillo, Q_a : Quitosano de alto peso molecular, Q_b : Quitosano de bajo peso molecular, A: Almidón de maíz, M_A : Miel de Apis, M_M : Miel de Melipona.

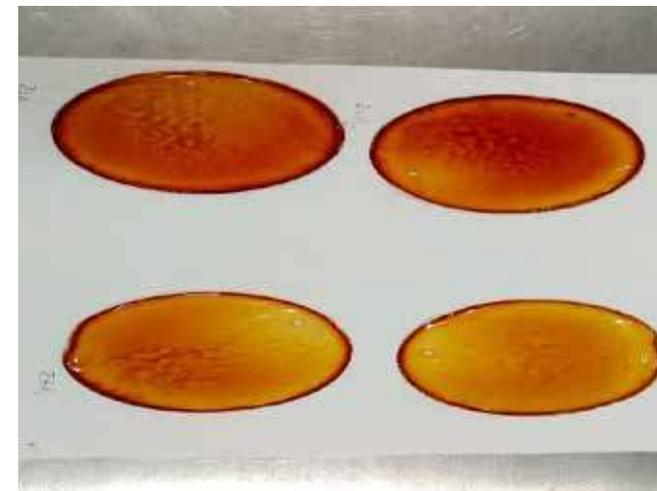


Figura 1. Películas de quitosano-almidón y miel A (Miel de melipona) B (Miel de Apis)

Espesor

Como se observa en la tabla 2, las películas control de quitosano puro y con almidón presentaron el menor grosor ($p \geq 0.05$) junto con el tratamiento Q_a - M_M . Estudios realizados por Escárcega-Galaz *et al*, 2018, donde evalúan la adición de miel de abeja a películas de quitosano muestran un aumento de espesor por la adición de la misma, obteniendo valores de 0.299 mm, ligeramente más altos a los obtenidos en este trabajo.

Tabla 2. Espesor y permeabilidad al vapor de agua de películas de quitosano, almidón y miel

Tratamientos	Espesor (mm)	PVA ($\times 10^{-11}$ g m ⁻¹ s ⁻¹ Pa ⁻¹)
Q_b	0.10 ± 0.00^c	4.13 ± 0.19^{bcd}
Q_a	0.18 ± 0.02^d	4.38 ± 0.51^{bc}
Q_b - M_A	0.21 ± 0.00^{bc}	3.15 ± 0.00^{def}

Q _a -M _A	0.21 ± 0.00 ^c	3.27 ± 0.28 ^{cdef}
Q _b -M _M	0.24 ± 0.02 ^a	3.22 ± 0.29 ^{cdef}
Q _a -M _M	0.17 ± 0.00 ^d	2.28 ± 0.10 ^f
Q _b -A	0.18 ± 0.00 ^d	13.35 ± 1.53 ^a
Q _a -A	0.16 ± 0.02 ^d	4.66 ± 0.97 ^b
Q _b -A-M _A	0.23 ± 0.01 ^{ab}	3.57 ± 0.24 ^{bcde}
Q _a -A-M _A	0.21 ± 0.00 ^c	3.19 ± 1.72 ^{cdef}
Q _b -A-M _M	0.24 ± 0.01 ^{ab}	2.4 ± 0.00 ^{ef}
Q _a -A-M _M	0.22 ± 0.01 ^{abc}	2.33 ± 0.34 ^f

Los datos corresponden a la media ± la desviación estándar de 3 réplicas. Diferentes letras en la misma columna indica la diferencia significativa ($p < 0.05$). PVA: Permeabilidad al vapor de agua, Qa: Quitosano de alto peso molecular, Qb: Quitosano de bajo peso molecular, A: Almidón de maíz, M_A: Miel de Apis, M_M: Miel de Melipona.

Permeabilidad al vapor de agua

Entendiendo por permeabilidad al vapor de agua, la resistencia al flujo de vapor que debe mostrar el recubrimiento, a efectos de evitar la pérdida de peso. Como se observa en la tabla 2 el tipo de miel y la adición de almidón no afectó significativamente la PVA de las películas de quitosano. La adición de miel a las películas disminuyó en la mayoría de los casos la PVA de las películas, lo que nos permite inferir que estas películas son más apropiadas para mantener el equilibrio de humedad de la fruta a la cual se aplique; sin embargo, para el tratamiento Qa no mostró diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$) al agregar miel de melipona.

Las películas Qa-A y Qb-A presentaron burbujas en la superficie de la película, sin embargo, Qb-A presenta valores muy superiores de PVA debido a que durante la determinación se rompieron las burbujas de aire, permitiendo así la transferencia de vapor de agua. Este problema, puede mejorarse

durante la elaboración de la película, sometiendo la SFP a vacío con la finalidad de eliminar aire contenido, antes del vaciado en cajas.

Tabla 3. Humedad, solubilidad y grado de hinchamiento en películas de quitosano

Tratamientos	Humedad (%)	Solubilidad (%)	Grado de hinchamiento (%)
Q _b	34.37 ± 2.69 ^{ab}	10.31 ± 7.53 ^{fg}	155.27 ± 25.30 ^b
Q _a	31.52 ± 0.61 ^{bc}	12.65 ± 1.20 ^f	166.11 ± 18.34 ^b
Q _b -M _A	17.04 ± 1.05 ^g	43.65 ± 2.01 ^b	6.39 ± 2.03 ^{ef}
Q _a -M _A	19.48 ± 1.67 ^{fg}	44.37 ± 0.97 ^b	15.39 ± 2.55 ^{ef}
Q _b -M _M	25.09 ± 2.02 ^{def}	33.85 ± 2.95 ^d	4.43 ± 4.84 ^f
Q _a -M _M	24.52 ± 3.45 ^{ef}	35.95 ± 5.90 ^{cd}	5.22 ± 4.24 ^f
Q _b -A	26.32 ± 5.31 ^{cde}	6.24 ± 4.16 ^g	53.27 ± 5.65 ^c
Q _a -A	30.66 ± 0.27 ^{bcd}	10.07 ± 0.67 ^{fg}	226.21 ± 23.08 ^a
Q _b -A-M _A	18.73 ± 0.81 ^g	52.44 ± 0.46 ^a	24.94 ± 5.44 ^{de}
Q _a -A-M _A	19.68 ± 8.52 ^g	41.61 ± 4.96 ^{bc}	38.26 ± 3.73 ^{cd}
Q _b -A-M _M	15.62 ± 0.76 ^g	41.90 ± 0.59 ^{bc}	15.05 ± 5.18 ^{ef}
Q _a -A-M _M	15.64 ± 1.74 ^g	40.91 ± 1.76 ^{bc}	18.13 ± 7.4 ^{ef}

Los datos corresponden a la media ± la desviación estándar de 3 réplicas. Diferentes letras en la misma columna indica la diferencia significativa ($p < 0.05$). Qa: Quitosano de alto peso molecular, Qb: Quitosano de bajo peso molecular, A: Almidón de maíz, M_A: Miel de Apis, M_M: Miel de Melipona.

Humedad, grado de solubilidad y grado de hinchamiento

La presencia de un determinado nivel de humedad garantiza que el peso se mantenga constante en la película. El tipo de quitosano y la adición de almidón no presentan diferencias de contenido de agua, solubilidad o grado de hinchamiento ($p \geq 0.05$). Mientras que la adición de miel de abeja refleja una disminución en el contenido de agua y en el grado de hinchamiento ($p \leq 0.05$), y un aumento en la solubilidad. Los resultados coinciden con los obtenidos por Escárcega-Galaz *et al*, 2018, obteniendo una reducción del grado de hinchamiento y aumento de solubilidad al adicionar miel de abeja.

Este comportamiento puede ser debido a la composición de la miel, ya que algunos de ellos, como los compuestos fenólicos limitan las interacciones de los grupos hidroxilos y las moléculas de agua, lo que genera un menor contenido de agua (Lauriano-Souza *et al*, 2017). De igual forma los compuestos de la miel interactúan con los grupos amino e hidroxilo del almidón, reduciendo la absorción de agua (Sudhakar *et al*, 2012). En solubilidad, la miel es soluble en agua, por lo tanto los componentes de la película se disuelven (Escárcega-Galaz *et al*, 2018). Sin embargo este comportamiento resulta ser poco apropiado para los recubrimientos de frutos, ya que tienden a solubilizarse y disminuir su capacidad para conservar las propiedades del alimento al que se aplique.

Fenoles Totales y actividad antioxidante

Como se observa en la Tabla 4, el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante de las películas de quitosano aumenta al adicionar miel de abeja, siendo la película Q_a-A-M_A la que presenta los valores más altos de fenoles totales ($p \leq 0.05$), esto puede ser debido a la fuerte actividad antioxidante de la miel, la cual se debe a compuestos como los polifenoles (ácidos fenólicos y flavonoides), vitamina C, vitamina E, enzimas y oligoelementos (D'zegan *et al*, 2018).

Estudios realizados por Wang *et al* (2013) y Siripatrawan & Vitchayakitti (2016), reportan un aumento en el contenido de fenoles totales y de actividad antioxidante al adicionar polifenoles (te) y propolio respectivamente, lo que concuerda con lo obtenido.

Las películas incorporadas con miel M_A y M_M , exhibieron una gran actividad antioxidante con valores de capacidad de eliminación de DPPH de 161.02 a 199.32 mg TE/g y una actividad antioxidante potenciada (Tabla 4), lo que sugiere la potencial idoneidad de estas películas de Q_a-A-M_A como películas activas para fines alimentarios o farmacéuticos.

Algunos autores han demostrado que la propiedad mecánica y la actividad antimicrobiana de la película de quitosano puro no son satisfactorias para las aplicaciones de envasado de alimentos, por lo que su combinación con almidón y miel, puede mejorarse, ampliando su aplicación al sector de alimentos.

El tipo de quitosano y la adición de almidón no muestran una tendencia específica en el contenido de fenoles o en la actividad antioxidante de las películas, variando el efecto de cada uno en los diferentes tratamientos.

Tabla 4. Fenoles totales y actividad antioxidante de películas de quitosano, almidón y miel

Tratamientos	Fenoles totales (mg GAE/g)	Actividad Antioxidante (DPPH)	Actividad Antioxidante (ABTS)
		(mg TE/g)	(mg TE/g)
Q_b	2.31 ± 0.27 ^h	85.40 ± 19.26 ^e	587.92 ± 102.72 ^f
Q_a	4.47 ± 0.77 ^g	61.52 ± 11.68 ^f	599.24 ± 36.39 ^f
Q_b-M_A	8.79 ± 0.36 ^f	199.32 ± 6.52 ^a	1557.74 ± 88.41 ^e
Q_a-M_A	12.07 ± 0.83 ^{cd}	180.37 ± 7.52 ^{bc}	2187.92 ± 124.70 ^e
Q_b-M_M	13.634 ± 0.84 ^{bc}	183.53 ± 18.36 ^{bc}	1772.83 ± 59.90 ^d
Q_a-M_M	11.27 ± 0.90 ^{dc}	186.29 ± 9.57 ^{ab}	2259.62 ± 119.27 ^e
Q_b-A	3.27 ± 0.36 ^{gh}	74.94 ± 5.34 ^{ef}	535.98 ± 239.75 ^f
Q_a-A	4.55 ± 1.93 ^g	76.92 ± 2.98 ^e	610.56 ± 125.21 ^f
Q_b-A-M_A	10.39 ± 0.63 ^c	185.11 ± 3.80 ^{ab}	2172.83 ± 87.93 ^e
Q_a-A-M_A	16.87 ± 0.24 ^a	161.02 ± 0.68 ^d	2761.51 ± 58.09 ^a
Q_b-A-M_M	8.87 ± 0.36 ^f	169.31 ± 2.98 ^{cd}	2429.43 ± 40.81 ^b
Q_a-A-M_M	14.15 ± 0.84 ^b	189.85 ± 1.80 ^{ab}	2810.57 ± 36.39 ^a

Los datos corresponden a la media ± la desviación estándar de 3 réplicas. Diferentes letras en la misma columna indica la diferencia significativa ($p < 0.05$). TE: Equivalentes de trolox, GAE: Equivalentes de ácido gálico, Q_a : Quitosano de alto peso molecular, Q_b : Quitosano de bajo peso molecular, A: Almidón de maíz, M_A : Miel de Apis, M_M : Miel de Melipona.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron películas de quitosano, almidón de maíz y miel de *Apis* con diferentes propiedades, que lograron determinar las posibles aplicaciones. Las películas con quitosano de alto peso molecular presentaron un mayor porcentaje de hinchamiento, de contenido de agua y contenido de fenoles totales, además de ser más gruesas, transparentes, mientras que las películas con quitosano de bajo peso molecular poseen mayor actividad antioxidante, mayor opacidad y son más finas. La adición de almidón genera un aumento en el porcentaje de hinchamiento, además se obtuvieron películas más transparentes y gruesas.

Todos los tratamientos poseen buenas características para su uso como revestimiento de alimentos; sin embargo, las películas incorporadas con miel M_A y M_M , exhibieron una gran actividad antioxidante con valores de capacidad de eliminación de DPPH de 161.02 a 199.32 mg TE/g y una actividad antioxidante potenciada, lo que sugiere la idoneidad de Q_a-A-M_A como películas activas para fines alimentarios o farmacéuticos.

Agradecimientos

Al centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. (CIATEJ) Sede Sureste, por su amplia disposición para el uso de instalaciones y de equipos necesarios para esta investigación.

Al Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino y a la Dra Neith Aracely Pacheco López investigadores-catedráticos del CIATEJ Sede Sureste, por su empeño y dedicación a esta investigación y a mi persona para mejorar en el ambiente profesional.

A la Dr. Ofelia Sandoval Castilla y al Dr. César Ramírez Santiago por su apoyo académico, profesional y personal para poder realizar esta investigación y lograr metas importantes en mi vida.

A mi familia por siempre ser un pilar en mi educación académica y de vida, principalmente a mi madre Guadalupe Hernández Hernández por su sacrificio, esfuerzo y esmero para que pudiera conseguir todo lo que me proponga.

LITERATURA CITADA

- Abdul, F., Juni, R., & Andriyono, S. (2017). The effect of Glycerol from Biodiesel Production Waste as a Plasticizer on Physical Character Edible Film of Chitosan. *The 1st International Conference of Mathematics, Science, and Computer Science* (1), 1-6.
- D'zagan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., & Grabek-Lejko, D. (2018). Antioxidant Activity as Biomarker of Honey Variety. *Molecules*, 23(1), 1-14.
- Escárcega-Galaz, A., Sánchez-Machado, D., López-Cervantes, J., Sanchez-Silva, A., Madera-Santana, T., Paseiro-Losada, P. (2016) "Mechanical, structural and physical aspects of chitosan-based films as antimicrobial dressings". *International Journal of Biological Macromolecules*. 116 (1), 472–481.
- Gómez-Luría, D., Vernon-Carter, E., & Alvarez-Ramirez, J. (2017). Films from corn, wheat, and rice starch ghost phase fractions display overall superior performance than whole starch films. *Starch/Stärke*, 69(1), 1-11.
- Hafsa, J., Smach, M., Ben-Khedher, M., Charfeddine, B., Limem, K., Majdoub, H., & Rouatbi, S. (2016). Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan films containing Eucalyptus globulus essential oil. *Food Science and Technology*, 68(1), 356-364.
- Homes-Hara, A., Daza, L., Aguirre, D., Muñoz, J., Solanilla, J., Váquiro, H. (2018) "Characterization of chitosan edible films obtained with various polymer concentrations and drying temperatures". *International Journal of Biological Macromolecules*. 113 (1) 1233–1240.
- Lauriano-Souza, V., Fernando, A., Alfonso-Pires, J., Freitas-Rodríguez, P., Lopes, A., & Braz-

Fernandes, F. (2017). Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants. *Industrial Crops & Products*, 107(1), 565-572.

- Leceta, I., Guerrero, P., Ibarburu, I., Dueñas, M., de la Caba, K. (2013) "Characterization and antimicrobial analysis of chitosan-based films". *Journal of Food Engineering*. 116 (1) 889–899.
- López-Mata, M., Ruiz-Cruz, S., Silva-Beltrán, N., Ornelas-Paz, J., Ocaño-Higuera, V., Rodríguez-Félix, F., Cira-Chávez, L., Del-Toro-Sánchez, C., Shirai, K. (2015) "Physicochemical and Antioxidant Properties of Chitosan Films Incorporated with Cinnamon Oil". *International Journal of Polymer Science*. (1), 1-8.
- Ren, L., Yan, X., Zhou, J., Tong, J., & Su, X. (2017). Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1(105), 1636–1643.
- Sáinz-Laín, C., & Gómez-Ferreras, C. (2000). *Mieles Españolas. Características e identificación mediante el análisis de polen*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Siripatrawan, U., Vitchayakitti, W. (2016) "Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis". *Food Hydrocolloids*. 61 (1), 695-702.
- Sudhakar, Y., Sowmya, Selvakumar, M., & Krishna-Bhat, D. (2012). Miscibility Studies of Chitosan and Starch Blends in Buffer Solution. *Journal of Macromolecular Science*, 49(1), 1099–1105.
- Wang, L. D., Men, H., & Tong, Z. J. (2013). Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 35-41.

Capítulo II

Antonia González Ugalde¹, José Guadalupe Monroy¹,
Carlos Albor Calderón¹, Luz Ma. Rangel Olvera¹

DIAGNÓSTICO DEL PERFIL DE INICIO DE LOS ESTUDIANTES DE PREPARATORIA AGRÍCOLA QUE CURSAN LAS ASIGNATURAS DE QUÍMICA I (QI), QUÍMICA II (QII) Y QUÍMICA III (QIII)

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Ausubel, *et al* (2000) es imperativo indagar en los *conocimientos previos* de los estudiantes y enseñarse de acuerdo con esto. Carretero (2005), denomina ideas previas a las concepciones basadas en la experiencia cotidiana del estudiante, sin ninguna base científica. Estas dependen en buena medida de las características de la tarea utilizada y de las preguntas planteadas, pero, no responden a un modelo o representación muy coherente y estable, sino más bien a una representación puntual y difusa que se crea sobre la marcha y en función del problema que el alumno tiene que resolver.

La teoría de Ausubel señala que la generación de aprendizaje significativo requiere de dos condiciones fundamentales. La primera, actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del estudiante y la segunda, presentación de un material potencialmente significativo.

La evaluación es un proceso mediante el cual se miden resultados de un objeto de estudio y se cotejan con un estándar, para emitir un juicio basado en la comparación de ambos. La evaluación debe ser un proceso continuo en donde la interpretación de la información obtenida permita valorar y tomar decisiones sobre el contenido de este, con la finalidad de cumplir los objetivos de lo evaluado y optimizar el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Por lo anterior, la evaluación inicia al seleccionar las temáticas que integran las

¹Preparatoria Agrícola. Área de Química. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 carr. México-Texcoco, Texcoco Edo. De México. C.P. 56230. e-mail. antoniagonzalezugalde@yahoo.com.mx

preguntas, las cuales consideran los conocimientos señalados en las tablas de especificaciones elaboradas para cada uno de los cuestionarios propuestos para la evaluación diagnóstica de cada curso.

La evaluación diagnóstica permite conocer las condiciones iniciales de un proceso, en este trabajo sería el perfil de ingreso de los alumnos a cada asignatura de los cursos de Química que se imparten en el Área, el diseño del instrumento de evaluación debe ser objetivo y permitirá explorar la situación real de los alumnos.

En el Departamento de Preparatoria Agrícola, el área de Química imparte en segundo año las asignaturas de Química I y Química II, y en tercer año Química III. Considerando lo anterior el presente trabajo, tiene como finalidad evaluar los conocimientos previos de química que adquirió el alumno en cada una de las asignaturas.

ANTECEDENTES

En química sólo se hacen evaluaciones iniciales de la materia de Introducción a la Química Agrícola y Ambiental de todos los grupos, los resultados se presentan en asamblea académica a la mitad del curso. Se tratará de que la información del perfil inicial lo tengan cuando mucho quince días naturales después del inicio del curso todos los docentes.

JUSTIFICACIÓN

Los aprendizajes que poseen los estudiantes los van adquiriendo en distintos contextos a lo largo de su desarrollo, y de manera especial, en la escuela. Los aprendizajes que logra el estudiante son diferentes, por el tipo de programa que estudiaron, el docente que lo impartió, la disposición para llevar a cabo el aprendizaje que se les plantea y el desarrollo de capacidades, instrumentos, estrategias y habilidades generales para llevar a cabo el proceso de aprendizaje. Por esta razón siempre es necesario tener el perfil de inicio de las asignaturas de Química I, Química II y Química III.

Se pretende que este perfil sea conocido por cada uno de los docentes que imparten las asignaturas de Química a más tardar a las tres semanas de iniciado el curso.

Objetivo general

Proporcionar información al docente y a los estudiantes del perfil de ingreso en relación con la Química, de cada asignatura, así como, elaborar fascículos y materiales audiovisuales que permitan apoyar el aprendizaje de contenidos químicos difíciles detectados en el examen diagnóstico, y que les permita complementar los conocimientos y habilidades que requieren para que continúen con éxito sus estudios siguientes.

Objetivos específicos

- Elaborar tablas de especificaciones para diseñar los instrumentos de evaluación diagnóstica.
- La evaluación diagnóstica estará en constante retroalimentación para ser más eficiente.
- La Evaluación diagnóstica, permite obtener datos previos al inicio de cada una de las asignaturas de Química (I, II, III) para, reconocer y adaptar a la diversidad de los conocimientos previos de los alumnos, a la dinámica de la enseñanza y el aprendizaje en los salones de clase.
- Elaborar fascículos y material audiovisual, con los temas más importantes y difíciles de comprender de los cursos de química, que sirvan como apoyo y complemento a los alumnos para mejorar el proceso educativo.

METODOS Y MATERIALES

- Elaborar una tabla de especificaciones para diseñar el instrumento de evaluación diagnóstica para las asignaturas de Química I, Química II y Química III.
- Seleccionar los temas para elaborar los cuestionarios de evaluación de cada asignatura de Química.
- Subir los cuestionarios a la plataforma Moodle
- Invitar a los profesores que imparten las asignaturas de Química I, Química II y Química III. a que resuelvan el examen en la plataforma Moodle.
- Los resultados obtenidos del instrumento de evaluación se obtendrán utilizando la plataforma Moodle y se darán a conocer a los profesores y alumnos de los grupos que participaron.
- Identificar los conocimientos previos que tienen los estudiantes al iniciar cada una de las asignaturas de Química
- Se elaborarán fascículos y material audiovisual de los temas de química con la mayor deficiencia detectada en el examen diagnóstico, los cuales se imprimirán en el área y se subirán simultáneamente al portal de la Preparatoria Agrícola, como material de apoyo, consulta y complementación.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se inicio el proyecto con la asignatura de Química I, que se impartió en el primer semestre del ciclo escolar 2019-2020 y se aplicó el diagnóstico de Química II, y Química III en el segundo semestre del mismo ciclo escolar de Preparatoria Agrícola.

Previo a la elaboración de los cuestionarios de la evaluación diagnóstica de cada curso de Química, se realizó una investigación previa de los contenidos temáticos en química que se imparten en diferentes sistemas educativos del nivel medio, y se seleccionaron los temas para la evaluación, elaborando las siguientes tablas de especificaciones.

QUÍMICA I			
Pregunta	Tema	Pregunta	Tema
1	Análisis de la información de la materia	19	Ubicación de los elementos en la Tabla periódica
2	Propiedades extensivas e intensivas de la materia	20	Enlace químico
3	Propiedades específicas de la materia	21	Enlace químico
4	Propiedades específicas de la materia	22	Enlace químico
5	Separación de mezclas	23	Propiedades de los enlaces químicos
6	Propiedades específicas de la materia	24	Propiedades de los enlaces químicos
7	Separación de mezclas	25	Enlace químico
8	Clasificación de la materia en: elementos, compuestos y mezclas	26	Nomenclatura y formulación de compuestos inorgánicos
9	Cambios físicos y químicos de la materia	27	Nomenclatura y formulación de compuestos inorgánicos
10	Propiedades físicas y químicas de la materia	28	Nomenclatura y formulación de compuestos inorgánicos
11	Representación gráfica de: elementos, compuestos y mezclas	29	Lenguaje químico
12	Configuración electrónica	30	Lenguaje químico
13	Modelos atómicos	31	Clasificación de las reacciones químicas
14	Configuración electrónica	32	Determinación del número de oxidación
15	Cuantificación de los componentes de la estructura atómica	33	Cálculos estequiométricos
16	Símbolo químico de los elementos	34	Cálculos estequiométricos
17	Propiedades periódicas de los elementos	35	Balaceo de las reacciones químicas
18	Organización en la Tabla periódica	36	Determinación de tipos de agentes en una reacción redox

QUÍMICA II			
Pregunta	Tema	Pregunta	Tema
1	Compuestos del carbono	19	Actividad óptica
2	Compuestos del carbono	20	Factores que influyen en las propiedades físicas
3	Configuración electrónica	21	Factores que influyen en las propiedades físicas
4	Fórmulas: desarrolladas, semidesarrolladas, poligonales y condensadas	22	Solubilidad en disolventes polares y no polares
5	Representación de Lewis de moléculas	23	Clasificación de las reacciones
6	Comparación de propiedades físicas de compuestos inorgánicos y orgánicos	24	Reacciones de adición
7	Comparación de propiedades físicas de compuestos inorgánicos y orgánicos	25	Reacciones de sustitución
8	Carbono capaz de unirse mediante enlace sencillo, doble o triple.	26	Reacciones de eliminación

9	Diferenciar enlaces covalentes polares y no polares	27	Reacciones redox
10	Geometría de las moléculas.	28	Fuente de carbohidratos
11	Enlaces sigma (σ) y pi (π)	29	Clasificación de Carbohidratos
12	Fórmula de hidrocarburo	30	Importancia de Carbohidratos
13	Identificación de grupos funcionales	31	Fuente de proteínas
14	Fórmula de compuestos oxigenados	32	Clasificación de Proteínas
15	Nombre sistemático de hidrocarburos	33	Importancia de Proteínas
16	Nombre sistemático de compuestos oxigenados	34	Clasificación de Lípidos
17	Fórmula de compuestos oxigenados	35	Fuente de lípidos
18	Tipos de isómeros	36	Importancia de Lípidos

QUÍMICA III

Pregunta	Tema	Pregunta	Tema
1	Agua sus propiedades físicas	19	Neutralización de ácidos o bases
2	Agua y su capacidad disolvente	20	Neutralización de ácidos o bases
3	Interacciones del agua con sustancias iónicas y covalentes polares	21	Variación de pH
4	Usos del agua	22	Cálculo del valor de pH
5	Porcentaje del agua en vegetales	23	Cálculo del valor de pH
6	Solubilidad	24	Disoluciones amortiguadoras
7	Clasificación de las disoluciones	25	Interrelaciones entre distintos tipos de energía
8	Clasificación de las disoluciones	26	Reconoce las interrelaciones entre distintos tipos de energía
9	Cálculo de la concentración de una disolución	27	Tipos de sistemas termodinámicos
10	Cálculo del soluto de una disolución	28	Primera Ley de la Termodinámica
11	Concentración de una disolución	29	Aplica la Ley de Hess para el cálculo de entalpía de reacción
12	Concentración de una disolución	30	Conceptos termodinámicos
13	Ley de Acción de Masas	31	Conceptos termodinámicos
14	Velocidad de reacción	32	Interpretación de indicadores termodinámicos de una reacción
15	Velocidad de reacción	33	Conceptos termodinámicos
16	Principio de Le Chatelier	34	Cambios energéticos de entalpía en las reacciones químicas
17	Principio de Le Chatelier	35	Cambios energéticos de Entropía en las reacciones químicas
18	Clasificación de sustancias químicas en ácidos o bases	36	Cálculo de energía libre de Gibbs de una reacción química

Con la tabla de especificaciones se seleccionaron los temas para el examen de Química I:

- Materia
- Estructura atómica
- Tabla periódica
- Enlace Químico
- Número de oxidación, nomenclatura y formulación química de compuestos inorgánicas
- Reacción química y Estequiometria.

Para el examen de Química II los temas seleccionados son los siguientes:

- Propiedades químicas del carbono: compuestos de carbono, configuración electrónica, enlace químico, geometría molecular, enlaces sigma y Pi.
- Fórmulas de compuestos del carbono
- Diferencias de propiedades físico y químicas entre compuestos orgánicos e inorgánicos
- Formulación y nomenclatura de compuestos orgánicos: hidrocarburos, compuestos oxigenados y con nitrógeno
- Factores que influyen en las propiedades físicas de compuestos orgánicos: Isomería, polaridad
- Reacciones de compuestos orgánicos: síntesis, adición, eliminación, oxido reducción
- Macromoléculas: carbohidratos, lípidos y proteínas

Temas seleccionados para el examen de Química III

- Propiedades físicas y químicas del agua
- Disoluciones acuosas
- Unidades de concentración de disoluciones acuosas: Porcentuales, partes por millón, Molares y Normales
- Equilibrio químico: Ley de acción de masas, principio de Le Chatelier, Constante de equilibrio Químico
- Teorías ácido base de: Arrhenius, Bronsted-Lowry, Lewis, pH, escala de pH, y clasificación de ácidos en fuertes, fuerza media y débiles
- Energía: Leyes de la termodinámica: primera ley, segunda ley y tercer ley de la termodinámica
- Termodinámica: Ley de Hess, Entalpía, Entropía, Energía libre de Gibbs.

Se elaboró el examen de cada asignatura de química y se subió a la plataforma Moodle el 28 de septiembre del 2019 para Química I, y la última semana de febrero 2020 para Química II y Química III.

Los cuestionarios que se elaboraron para cada asignatura estaban formados por 40 preguntas de opción múltiple con respuesta única, 36 preguntas de conocimientos y habilidades de los temas elegidos para cada asignatura y 4 de actitudes, distribuidas de la siguiente manera; conocimientos (32.5%), habilidades (57.5%) y actitudes (10%).

Se integraron el 17 de septiembre de 2019 al proyecto los profesores Luz Ma. Rangel Olvera y Carlos Albor Calderón.

Para poder contestar el examen se necesitó un registro de los participantes, por tal motivo en junta de área se les informo el objetivo principal del examen diagnóstico y se invitó a los profesores que imparten la asignatura de Química I, en el primer semestre del ciclo escolar 2019-2020, a que invitaran a sus estudiantes participaran en la evaluación, la invitación para la participación del examen de Química II y Química III, se realizó en el segundo semestre del mismo ciclo escolar.

Los alumnos que participaron en el diagnóstico llenaron un formato de inscripción el cual se envió al centro de cómputo para su registro y de esta manera se le permitió el acceso a la plataforma Moodle para el examen de Química I. El periodo para contestar el examen fue del 30 de septiembre al 4 de octubre de 2019, con horario de 8 a 20h. Los resultados obtenidos de los alumnos que participaron en la evaluación diagnóstica se dieron a conocer a los profesores, desde el 7 de octubre de 2019.

Con respecto al examen de Química II y Química III se llevo a cabo del 3 al 10 de febrero del 2020 de 8:00 am a 8:00 pm, los resultados se enviaron a los profesores el día 15 de marzo del 2020.

Los resultados obtenidos de las asignaturas de Química se enfocarán principalmente a las calificaciones obtenidas en las preguntas asociadas a conocimientos y habilidades



Como se puede observar los conocimientos previos en química de los alumnos que cursan Química I son muy deficientes, el problema de aprendizaje se considera multifactorial e incluye el lugar de procedencia, sistema educativo que curso, problemas socioeconómicos en su región y familia, entre otros.

Es importante señalar, que los alumnos presentan poco conocimiento o desconocen los temas de nomenclatura y formulación química, número de oxidación, reacciones químicas y estequiometría, lo anterior podría explicarse al grado de dificultad que presenta el tema, o posiblemente a temas no vistos en clase.

Resultados del examen diagnóstico de Química II



Los alumnos que presentaron el examen diagnóstico de Química II, tenían como antecedente el curso de Química I, en donde se incluye parte de los conocimientos relacionados a enlace químico y factores que influyen en las propiedades físicas de los compuestos químicos, sin embargo observamos que estos factores no se comprendieron bien en su curso anterior, cabe señalar que en el curso de Química II se incluyen otros factores relacionados específicamente a compuestos orgánicos como es el caso de la influencia de la geometría molecular y la polaridad de las moléculas orgánicas, las cuales son determinantes para su estado físico y sus puntos fusión y ebullición según sea su estado físico a temperatura ambiente y presión atmosférica.

Otro aspecto importante de señalar es el resultado en reacciones químicas, esto podría explicarse a que el tipo de reacciones clasificadas en el curso de Química I, se relacionan principalmente a compuestos inorgánicos y la de los compuestos orgánicos son muy específicas relacionado con los grupos funcionales que cambian.

Resultados del examen diagnóstico de Química III



Con respecto a los resultados del examen diagnóstico de química III, se observa que las calificaciones obtenidas en termodinámica y termoquímica son muy bajas, es importante señalar que en los programas que imparte el Área de física estos temas están incluidos, por lo que esperábamos que se obtuviera una calificación mayor, la diferencia de los conceptos es el enfoque, nosotros los relacionamos con cambios en las reacciones químicas.

La dificultad que podemos observar en ácido- base, es que al resolver los problemas relacionados con calculo de pH, tienen el concepto erróneo de que todos los ácidos se comportan de manera similar, y esto es incorrecto, primero deben calcular la fuerza de ácido y en base al resultado se calcula el pH.

El equilibrio químico es un tema casi desconocido para ellos, los temas de disoluciones y propiedades físicas se vieron en la asignatura de química I.

Aspectos evaluados

EXAMEN	PORCENTAJE %
CONOCIMIENTOS	32.5
HABILIDADES	57.5
ACTITUDES	10

Alumnos evaluados

Asignatura	Alumnos de generación	Alumnos que presentaron examen	Porcentaje %
Química II	994	152	15.2 %
Química III	830	171	20.6 %

Con respecto a la población evaluada, es necesario aclarar que la invitación a participar fue voluntaria por tal motivo los porcentajes son relativamente bajos, pero estas muestras nos dan un panorama de las deficiencias cognitivas y habilidades de los alumnos, las cuales en junta de área se dio a conocer a los profesores, con el objetivo de reforzar en los cursos los conocimientos y habilidades en las que existe problemas. Con respecto de Química I, por problemas de actualización de la plataforma los datos de alumnos que presentaron el examen no se han recuperado

Promedio general de los alumnos que presentaron el examen

Examen	Calificación
Química I	3.9
Química II	4.6
Química III	4.5

Los promedios son bajos, sobre todo en QI, debido a el último curso de química que llevaron fue en el nivel medio, y por lo menos transcurre un año de no llevar la asignatura.

Se elaboraron fascículos y material audiovisual con los temas detectados con la mayor deficiencia en el examen diagnóstico de cada curso. El material elaborado es el siguiente

Asignatura de Química I

Profesor	Fascículo	PowerPoint
Luz Ma. Rangel Olvera	Tabla periódica	<ul style="list-style-type: none"> Historia de la química Enlace químico
Carlos Albor Calderón	Estructura del átomo	
José Guadalupe Monroy	<ul style="list-style-type: none"> Balaceo de Ecuaciones 	
Antonia González Ugalde	<ul style="list-style-type: none"> Formulación y Nomenclatura de compuestos inorgánicos Estequiometria 	<ul style="list-style-type: none"> Formulación y Nomenclatura de compuestos inorgánicos Estequiometria

Asignatura de Química II

Profesor	Fascículo	PowerPoint
Luz Ma. Rangel Olvera		<ul style="list-style-type: none"> Geometría Molecular
Carlos Albor Calderón	Formulación y Nomenclatura de compuestos orgánicos nitrogenados	
José Guadalupe Monroy	<ul style="list-style-type: none"> Reacciones de compuestos orgánicos Macromoléculas 	
Antonia González Ugalde	<ul style="list-style-type: none"> Formulación y Nomenclatura de compuestos orgánicos: hidrocarburos Formulación y Nomenclatura de compuestos orgánicos oxigenados 	<ul style="list-style-type: none"> Formulación y Nomenclatura de compuestos orgánicos: hidrocarburos Formulación y Nomenclatura de compuestos orgánicos oxigenados

Asignatura de Química III

Profesor	Fascículo	PowerPoint
Luz Ma. Rangel Olvera		<ul style="list-style-type: none"> Ácidos y bases
Carlos Albor Calderón	Energía de reacciones químicas	
José Guadalupe Monroy	<ul style="list-style-type: none"> Disoluciones y Unidades de concentración 	
Antonia González Ugalde	<ul style="list-style-type: none"> Equilibrio Químico 	<ul style="list-style-type: none"> Equilibrio químico Disoluciones y unidades de concentración

Los fascículos de Química I se subieron al portal de la Preparatoria Agrícola, como material de apoyo y complementación el día 12 de octubre de 2019.

El material de Química II y Química III, queda pendiente para subirlo a el portal de Preparatoria para consulta y complementación de los cursos.

CONCLUSIONES

- a) Los resultados del examen permitirán determinar el nivel de conocimientos en química con el que ingresan a los cursos que imparte el área de química.
- b) Los profesores podrán homogenizar los conocimientos a los alumnos que cursan Química I, Química II y Química III de esta manera minimizar la eficiencia terminal y deserción en el curso.
- c) El material elaborado permitirá que los alumnos complementen sus conocimientos en química de cada uno de los cursos que imparte el área.
- d) Los alumnos consideran que algunos conocimientos de química son de difícil aprendizaje, por lo que el profesor tendrá una guía que les permita reforzarlos y buscar técnicas que faciliten su aprendizaje.

LITERATURA CITADA

- Caamaño Aureli, Oñorbe Ana (2004) La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, N° 41, 2004, págs. 68-81 Universidad de Barcelona
- Chamizo, Nieto, Sosa (2004) La enseñanza de la química. Tercera parte. Evaluación de los conocimientos de química desde secundaria hasta licenciatura. *Revista Educ. quím.*, 15(2), 108-112 Universidad Nacional Autónoma de México
- INEE (2016) PANORAMA EDUCATIVO DE MÉXICO Indicadores del Sistema Educativo Nacional 2016 Educación básica y media superior, México
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2017) Desafíos para la evaluación en educación media superior: primero jóvenes, luego estudiantes Año 3. No. 7 / marzo-junio 2017

Capítulo III

Rogelio Álvarez Hernández¹, Miriam Galán Reséndiz², Rocío Gómez Pérez³

CALIDAD DEL SUELO Y SALUD DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) EN SAN PABLO TEPETZINGO, TEHUACÁN, PUEBLA

RESUMEN

La evaluación de la calidad de suelo y salud de cultivo de maíz elotero se realizó en diez predios de la comunidad de San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla. El objetivo del trabajo fue caracterizar el cultivo de maíz con base en el conocimiento local y científico, a través del diseño y evaluación de indicadores, simples y observables en campo. Con el fin de comparar diferentes condiciones y, a futuro, diseñar estrategias de manejo del agroecosistema. Para la investigación se utilizaron diez indicadores para suelo y diez para el cultivo. El indicador del suelo con mayor valor fue la profundidad, mientras que, el color del suelo y las raíces presentaron promedios bajos. Con respecto a la salud del cultivo de maíz el parámetro con mayor valor fue la tolerancia al estrés y los que presentaron un menor valor fueron la diversidad natural y vegetal, dado que se trata de un monocultivo y las variedades de maíz corresponden mayoritariamente a híbridos. La evaluación de la calidad del suelo y salud del cultivo es indispensable para determinar si un sistema de manejo es sustentable a corto o largo plazo, permite comprender y revertir el deterioro en la funcionalidad del agroecosistema que ocurre como consecuencia de la degradación de los suelos.

Palabras clave: maíz elotero, indicadores de calidad, indicadores de salud

ABSTRACT

The evaluation of the soil quality and health of the corn crop was carried out in ten farms in the community of San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla. The objective of the work was to characterize the corn crop based on local and scientific knowledge, through the design and evaluation of indicators, simple and observable in the field. In order to compare different conditions and, in the

¹ Centro de Investigación en Agricultura Orgánica (CIAO). UACH. roger_owl_uach@yahoo.com.mx

² Doctorante-COLPOS. Colaboradora Externa del CIAO. miriamgalanr.suelos@gmail.com

³ Estudiante de la Universidad Tecnológica de Tehuacán. rocio.gomez@alumno.uttehuacan.edu.mx

future, design agroecosystem management strategies. For the investigation, ten indicators were used for soil and ten for cultivation. The soil indicator with the highest value was depth, while the color of the soil and the roots presented low averages. Regarding the health of the corn crop, the parameter with the highest value was stress tolerance and those that presented a lower value were natural and plant diversity, since it is a monoculture and the corn varieties correspond mainly to hybrids. The evaluation of soil quality and crop health is essential to determine if a management system is sustainable in the short or long term, it allows understanding and reversing the deterioration in the functionality of the agroecosystem that occurs as a result of soil degradation.

Keywords: Corn, quality indicators, health indicators

INTRODUCCIÓN

Estudios en El Valle de Tehuacán-Cuicatlán, demuestran que la alimentación en el período preclásico se basó en el consumo de especies locales de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), amaranto (*Amaranthus* spp), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), chile (*Capsicum annuum* L) y aguacate (*Persea americana* L.) (Chisholm y Blake 2006). Mesoamérica es centro de origen, diversificación y domesticación de una gran cantidad de plantas, que han aportado al mundo alimentos que forman parte de la dieta en muchos países. El maíz tiene una amplia gama de usos en grano y planta en la región se consume principalmente en tortilla y en diversos platillos, bebidas calientes o frías, una de las formas de consumo tradicional y popular en México es en elote, estado inmaduro de la mazorca, se aprovechan también las brácteas de la mazorca llamadas localmente como «totomoxtle», para uso comercial en las centrales de abastos importantes del estado de Puebla, México, Oaxaca y Veracruz se comercializa como forraje, grano y elote (Espinosa, Sierra y Gómez, 2002).

Hasta hace algunos años la mayor parte de la producción de elote en el Valle de Tehuacán se realizaba con poblaciones nativas de maíz, actualmente los productores han introducido variedades híbridas de las cuales, en la mayoría de los casos, no existen estudios sobre su potencial de rendimiento y calidad. Proporcionar al cultivo de maíz un medio ideal para su crecimiento óptimo exige entender todos los factores que intervienen en su crecimiento y desarrollo. Éstos, relacionados e interaccionando entre sí, la planta de maíz, el clima, el suelo y el manejo. Actualmente los ecosistemas están muy afectados por la variabilidad del clima y también por el cambio del uso del suelo, por la explosión demográfica y los avances científicos y tecnológicos. Proporcionar al cultivo de maíz un ambiente nutricional ideal para su crecimiento óptimo exige entender todos los factores que intervienen en el crecimiento y desarrollo. Éstos están relacionados con los componentes del sistema, mismos que interactúan entre sí, la planta de maíz, el clima, el suelo y el manejo (Rodríguez *et al.*, 2008).

La diversidad y riqueza de los agroecosistemas representan un irrenunciable patrimonio social, cultural, ecológico y económico de las sociedades rurales por lo que hace necesario desarrollar estrategias para la evaluación de los suelos y los cultivos, a través de indicadores simples y observables

en campo, que tomen en consideración el conocimiento generado por las mujeres y los hombres, que están en contacto con estos recursos. Indicadores que evidencian propiedades científicas específicas, que pueden ser identificadas en el análisis de suelo y de tejido vegetal, como niveles, sinergismos y deficiencias nutrimentales. El objetivo de la presente investigación es caracterizar la calidad del suelo y la salud del cultivo de maíz con base en el conocimiento local y científico, mediante indicadores simples y observables en campo y el diagnóstico de las propiedades físicas y químicas del suelo, que permitan diseñar estrategias de manejo del agroecosistema en pedios de maíz de la región de San Pablo Tepetzingo de Tehuacán, Puebla.



Figura 1. Ubicación de la comunidad en San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla, México

Diseño de indicadores de la calidad del suelo. Para el diseño de los indicadores de la calidad de suelo, se utilizaron diez características, estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, residuos de cosecha, color del suelo, retención de humedad, raíces, cobertura, erosión y materia orgánica (Cuadro 1) esto de acuerdo al agroecosistema que presenta la comunidad. Cada indicador se evaluó de forma independiente asignándole valores de 1, 5 y 10 (1 representa el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado).

Posteriormente al asignarle un valor a cada indicador, estos se sumaron y se dividieron entre el número de indicadores evaluados con el que se obtuvo un promedio que represento la calidad del suelo. Para el indicador 10 de calidad de suelo, en conjunto con la observación directa de la actividad biológica, se hizo la aplicación de agua oxigenada (H_2O_2) a la muestra de suelo de acuerdo al grado de reacción que este muestra, será el contenido de MO. Si la reacción es casi nula indica que es escaso en MO, mientras que si la reacción es muy evidente el suelo contendrá mayores contenidos de MO. Para el indicador número 5, se aplicó (HCl) diluido al 10% de acuerdo a la observación de la reacción si hay efervescencia el color del suelo será claro lo que se deba a la presencia de carbonatos.

Cuadro 1. Indicadores de la calidad del suelo

1. Estructura	
• Suelo sin desarrollo visible de estructura, suelo endurecido, mantienen la forma después de aplicar fuerte presión, suelos con estructuras laminares o prismáticas (más de 30 cm)	1
• Suelo con desarrollo moderado de estructura, suelo con pocos gránulos, bloques angulares y subangulares que se rompen al aplicar moderada presión	5
• Suelo fuertemente desarrollado, estructura jerarquizada, migajosa, granular, bloques subangulares. Suelos friables	10
2. Compactación e infiltración	
• Se inunda en suelos en planicies o hay escurrimiento en pendientes pronunciadas	1
• El agua se infiltra lentamente y en ocasiones hay encharcamiento o escurrimiento	5
• El agua se infiltra fácilmente, no hay encharcamiento ni escurrimiento	10
3. Profundidad del suelo	
• Tepetate expuesto en la superficie o lecho rocoso	1
• Suelo delgado con menos de 20 cm de profundidad	5
• Suelo con más de 20 cm de profundidad	10
4. Residuos de cosecha	
• Sin presencia de residuos	1
• Se mantienen residuos que se descomponen lentamente	5
• Residuos en varios estados de descomposición	10
5. Color del suelo	
• Suelo claro y fuerte reacción al ácido clorhídrico (HCl) al 10 %	1
• Suelo pardo claro o rojizo y moderada reacción al ácido clorhídrico (HCl) al 10 %	5
• Suelo pardo oscuro o negro y ligera o nula reacción al ácido clorhídrico (HCl) al 10 %	10
6. Retención de humedad	
• El suelo no retiene humedad	1
• El suelo retiene moderada humedad en la época seca	5
• El suelo permanece húmedo la mayor parte del año	10
7. Raíces	
• Raíces pequeñas y enfermas	1
• Raíces moderadamente desarrolladas principales y secundarias	5
• Raíces saludables y profundas, con abundantes raíces finas	10
8. Cobertura de suelo	
• Suelo desnudo, sin cobertura	1
• Cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva, menos de 50 % del suelo	5
• Con cobertura viva o muerta más del 50 % del suelo	10

9. Erosión	
• Arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos	1
• Erosión hídrica laminar y en surcos	5
• Erosión no visible	10
10. Materia orgánica	
• No se observan macro ni micro organismos, sin reacción al agua oxigenada (H ₂ O ₂)	1
• Presencia de lombrices y artrópodos y moderada reacción al agua oxigenada (H ₂ O ₂)	5
• Abundante actividad biológica y fuerte reacción al agua oxigenada (H ₂ O ₂)	10

Diseño de indicadores de salud del cultivo de maíz. Para el diseño de los indicadores de salud del cultivo se consideraron las variables, apariencia, crecimiento, tolerancia al estrés, enfermedades o plagas, malezas, rendimiento, diversidad genética, vegetal y natural, y sistema de manejo (Cuadro 2). De igual manera cada indicador se evaluó de forma independiente asignándole valores de 1 que representa el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 valor deseado. Al asignarle un valor a cada indicador, estos se sumaron y se dividieron entre el número de indicadores evaluados para obtener un promedio que represento la salud del cultivo.

Cuadro 2. Indicadores de la salud del cultivo

1. Apariencia	
• Cultivo clorótico o con coloraciones moradas o rojizas	1
• Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones	5
• <u>Cultivo verde intenso</u>	10
2. Crecimiento del cultivo	
• Crecimiento raquítrico, hojas quebradizas, entrenudos acortados	1
• Hojas poco quebradizas, los entrenudos limitadamente distribuidos	5
• <u>Hojas firmes y abundantes, distribución de entrenudos homogéneamente</u>	10
3. Tolerancia al estrés	
• Susceptibles, se recuperan en un tiempo prolongado	1
• Se recuperan lentamente en condiciones de hipoxia o anoxia	5
• <u>Soportan sequía o alto porcentaje de humedad, recuperación rápida</u>	10
4. Enfermedades y plagas	
• <u>Síntomas severos, abundante presencia de insectos</u>	1
• <u>Síntomas de leves a severos, reducida presencia de insectos</u>	5
• Sin síntomas visibles	10
5. Malezas	

• Alta competencia de plantas ajenas al cultivo	1
• Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia	5
• <u>El cultivo se sobrepone a las plantas ajenas al cultivo</u> 6. Rendimiento	10
• Bajo con relación al promedio de la zona	1
• Medio, aceptable con relación al promedio de la zona	5
• <u>Bueno o alto, con relación al promedio de la zona</u> 7. Diversidad genética	10
• Escasa, variedad de maíz criollo	1
• Media, cruza de variedades criollo e híbrido	5
• <u>Alta, se usa material híbrido</u>	10
8. Diversidad vegetal	
• Sin cultivos asociados, nula o poca rotación de cultivos	1
• Un cultivo asociado, en ocasiones se rota con alguna otra especie	5
• <u>Con dos o más cultivos asociados y rotación constante de cultivo con alguna leguminosa</u> 9. Diversidad natural circundante	10
• Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera	1
• Rodeado al menos en un lado por vegetación natural	5
• Rodeado al menos en un 50 % de sus bordes por vegetación natural y delimitado por cortina rompe vientos	10
10. Sistema de manejo	
• Monocultivo convencional, sin manejo con agroquímicos, sin aplicación de enmiendas.	1
• Oca rotación de cultivos, limitado manejo de agroquímicos, abonos y enmiendas	5
• <u>Rotación de cultivos, manejo integrado, aplicación constante de abonos y enmiendas.</u>	10

Diagnóstico de las propiedades físicas y químicas. El muestreo se realizó en área agrícola donde se cultiva maíz elotero en la comunidad de San Pablo Tepetzingo, a inicios de primavera, para obtener una muestra compuesta de suelo, con características edáficas homogéneas, para análisis de fertilidad en laboratorio. Para la toma de submuestras se consideró el procedimiento de «zigzag» para apantli incompletos en forma de cuchilla y cinco de oro para apantli completos. La Propiedades físicas analizadas en laboratorio fueron (a) Textura del suelo, b) Densidad aparente, bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos estudios, muestreo y análisis. Las propiedades químicas del suelo determinadas fueron (a) pH (relación 1:2) b) conductividad eléctrica, c)

Materia Orgánica, d) Nitrógeno inorgánico, e) Fósforo aprovechable. Se calculó con base en el método de Olsen para suelos alcalinos. (f) Potasio, Ca, Mg y Na. Se extrajeron con acetato de amonio y se determinó con un espectrofotómetro de absorción atómica ICP-OES. (g) Fe, Cu, Zn, B, Mn, Cd, Ni, Pb. Fueron extraídos con DTPA (ácido dietiltriáminopentaacético) y sorbitol determinados por espectrofotometría de absorción atómica ICP-OES. Bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2002 (NOM, 2002).

RESULTADOS

Se evaluaron diez predios de la comunidad de San Pablo Tepetzingo de los cuales los resultados mostraron, de manera general, valores bajos en los indicadores de calidad del suelo y de bajos a medios en los indicadores de salud del cultivo.

Calidad del suelo. La calidad del suelo donde se cultiva maíz elotero se evaluó mediante la construcción y diagnóstico de indicadores simples y observables en campo. En el Cuadro 3 se muestran los valores promedio de los datos obtenidos. El indicador con mayor valor fue la profundidad, con nueve, mientras que el color del suelo y las raíces presentaron promedios de uno y tres. Se observó que los predios evaluados obtuvieron valores bajos, menores a 6.5, el predio con mayor calidad fue de 6.4, en tanto el suelo con valor más bajo obtuvo 4.2.

Cuadro 3. Evaluación de indicadores de la calidad del suelo

Indicadores de calidad del suelo	Sitios de estudio										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	5	5	5	1	5	5	5	5	3.8
2	5	1	5	5	5	5	5	10	5	10	5.6
3	10	5	10	10	10	10	10	5	10	10	9
4	5	5	5	5	5	1	1	5	5	1	3.8
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5.5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	6
8	1	5	1	5	5	1	1	5	5	1	3
9	5	10	5	5	5	5	1	5	5	5	5.1
10	10	5	5	5	10	10	5	5	10	5	7
Promedio	4.5	4.5	4.5	5.0	5.5	4.5	4.2	5.4	6.4	5.7	

Nota. Indicadores: 1. Estructura. 2. Compactación e infiltración. 3. Profundidad del suelo. 4. Residuos. 5. Color. 6. Retención de humedad. 7. Raíces. 8. Cobertura del suelo. 9. Erosión. 10. Materia orgánica.

La Figura 2 muestra la graficas de radar que indican que los valores de los sitios estudios, el promedio, general, de los diez indicadores analizados varío de 4.2 a 6.4. El predio 7 tuvo bajos valores en cuanto a residuos cobertura, color y erosión, con valores de 1, el sitio mejor evaluado fue el 9 con un valor de 6.4. La Figura 3 que indica el promedio total de cada indicador evaluado, el menor fue el indicador de color del suelo con un promedio de 1, pues los suelos de la zona son claros y tuvieron una fuerte reacción al HCl, que indica la presencia de carbonatos de calcio. El indicador cuanto al indicador con mayor promedio fue la profundidad del suelo con un promedio de 9, el resto de los promedios oscilo de 3 a 7.

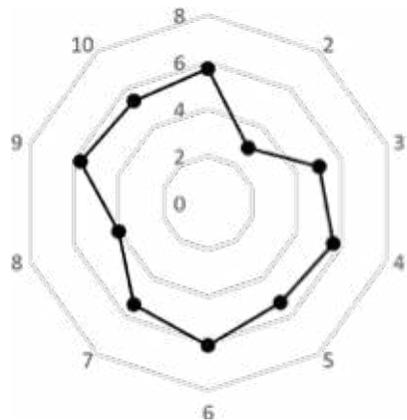


Figura 2. Calidad del suelo en predios de cultivos de maíz por predio

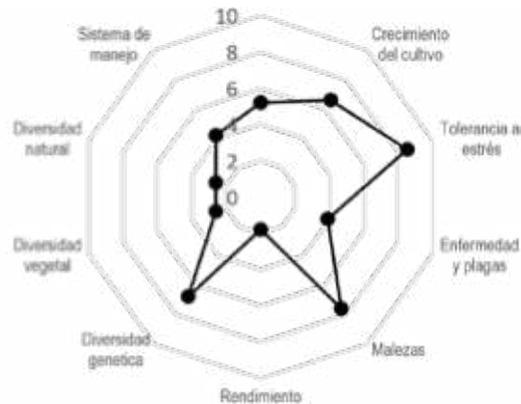


Figura 3. Calidad del suelo en predios de cultivos de maíz, por indicador

Salud del cultivo

Respecto a la salud de los cultivos de maíz, los resultados presentados en el Cuadro 4, muestran que los indicadores obtuvieron valores menores a 8.6, el parámetro con mayor valor fue la tolerancia al estrés con 8.5, los de menor valor fueron la diversidad natural y vegetal, ambas con 2.6. Los predios, en general, presentaron valores menores a 6.2 donde el predio con mayor salud en el cultivo fue 6.1 y el predio que presentó una baja con 2.9.

Cuadro 4. Indicadores para evaluar la salud del cultivo de maíz

Indicadores de salud del cultivo	Sitios de estudio										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Apariencia	5	5	5	1	5	5	5	1	10	10	5.2
Crecimiento del cultivo	10	5	5	5	5	10	5	1	10	10	6.6
Tolerancia a estrés	10	5	10	10	10	10	5	10	10	5	8.5
Enfermedades y plagas	5	1	5	10	1	5	5	1	1	5	3.9
Malezas	10	5	10	10	10	1	10	10	5	5	7.6
Rendimiento	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1.8
Diversidad genética	10	1	5	1	10	10	10	1	10	10	6.8
Diversidad vegetal	5	1	5	1	1	5	1	5	1	1	2.6
Diversidad natural circundante	1	5	1	5	5	5	1	1	1	1	2.6
Sistema de manejo	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1	4.2
Promedio	5.7	2.9	5.0	5.6	5.3	6.1	5.4	4.0	5.7	5.4	

Nota. Indicadores: 1. Apariencia. 2. Crecimiento del cultivo. 3. Tolerancia a estrés. 4. Enfermedades y plagas. 5. Malezas. 6. Rendimiento. 7. Diversidad genética. 8. Diversidad vegetal. 9. Diversidad natural circundante. 10. Sistema de manejo.

Con los valores obtenidos se realizaron diagramas tipo radar (Figuras 4 y 5) mostraron el estado en general de la salud del cultivo, tomando en cuenta que cuanto más se acerque el valor al diámetro del círculo el indicador estará en el óptimo. El predio que obtuvo un mejor valor fue el número 2 con un promedio de 2.9 esto indica que en general el cultivo de maíz de ese predio no se encuentra en condiciones óptimas, el predio con el mejor resultado fue el número 6 con calidad de 6.1. El indicador con el menor fue el de rendimiento, las características con un mejor valor fue el correspondiente a las malezas, esto se debe a que los productores suelen realizar limpieza del cultivo al menos 2 veces por ciclo.

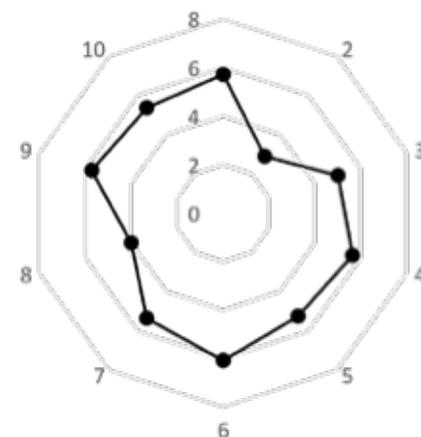


Figura 4. Salud del cultivo de maíz por características

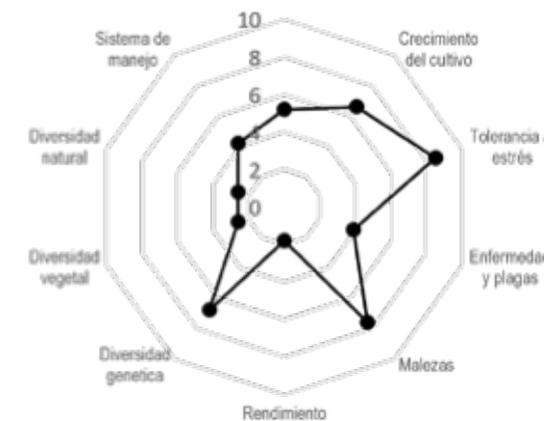


Figura 5. Salud del cultivo de maíz por productor

Respecto a las propiedades físicas, la densidad aparente del suelo (Dap) se encontró en el intervalo de 1.18 a 1.21 g.cm⁻³. La textura en 90% de los sitios fue arcilla con porcentajes mayores a 44% de arcilla, el 10% restante correspondió a la clase arcillo limoso. Esto represento un suelo de textura fina. El punto de marchitez permanente fue de 25% a 37%. La capacidad de campo vario de 40% a 51%. El porcentaje de saturación de agua se encontró de 53% a 56%, la humedad aprovechable fue de 14% a 16% y el agua disponible en contenidos de 144 a 157mm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Propiedades físicas del suelo

Predio	Dap g.cm ⁻³	Arena	Limo %	Arcilla	Textura
1	1.19	6.00	43.0 0	51.00	Arcilla limoso
2	1.19	13.00	38.0 0	49.00	
3	1.18	17.00	38.0 0	45.00	
4	1.19	23.00	32.0 0	45.00	
5	1.19	9.00	32.0 0	59.00	
6	1.18	1.00	38.0 0	61.00	Arcilla
7	1.19	21.00	35.0 0	44.00	
8	1.20	13.00	32.0 0	54.00	
9	1.21	7.00	36.0 0	57.00	
10	1.19	13.00	34.0 0	53.00	

Nota. Dap (densidad aparente del suelo).

Los suelos arcillosos son de partículas finas, que son impermeables es decir la infiltración es deficiente y mal aireados, pues en ellos predominan los microporos. Son difíciles de trabajar pues son muy plásticos cuando están húmedos y compactos cuando están secos. Estos suelos retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza, no está disponible para las plantas por tal motivo presentan mayor un punto de marchitamiento permanente y por ende existe una gran cantidad de agua disponible o agua útil (Ibáñez, 2006).

Las propiedades químicas y nutrientes mostraron que un potencial de Hidrogeno que oscilaron de 8.1 a 8.8 que corresponden a suelos alcalinos que por lo general tienen un alto contenido de carbonato de calcio, las plantas son menos tolerantes a las condiciones de sequedad del suelo cuando el pH es alto (Cuadro 5). La CE para el 100% de los predios presentó una salinidad despreciable. El contenido de materia orgánica fue de 2.07% a 3.93% es decir contiene altas cantidades de MO. Su composición es muy compleja (húmina, ácidos húmicos y fúlvicos). Un alto porcentaje de MO tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión, la reserva de nutrientes, la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas (Julca, Meneses, Bas, Bello y Segundo, 2006).

El N total oscilo de 0.104% a 0.202%, el N asimilable obtuvo valores de 0.0016% a 0.0030%; el contenido de nitratos fue de 31.34 a 87.32 mg.kg⁻¹. La disponibilidad de este elemento depende de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Esta mineralización se da en valores cercanos a pH alcalinos, que es donde mayor desarrollo presenta las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno (Ramírez, Arroyo y Castro, 2005). El P disponible presento un intervalo de 66.34 mg.kg⁻¹ a 226.80 mg.kg⁻¹ que alcanzo contenidos muy altos, los suelos que han sido manejados con cultivos intensivos durante muchos años y con dosis altas de fertilizantes, llegan a alcanzar valores altos de P. El K⁺ varió de 1.38 Cmol [+].kg⁻¹ a 2.51 Cmol [+].kg⁻¹; el K⁺ intercambiable fue de 3.20% a 5.97% de los cuales correspondieron a un contenido ideal, por lo que sus funciones en la planta son el uso eficiente del agua, es absorbido en forma iónica (K⁺), está ligado al metabolismo de la planta. Es importante en la formación del fruto, activa enzimas mejora la calidad del cultivo. (Cuadro 6).

El Ca²⁺ tuvo valores de 24.00 a 36.50 Cmol [+].kg⁻¹ que obtuvo una interpretación de muy baja; el contenido de Ca²⁺ intercambiable tuvo un intervalo de 60% a 79%, su interpretación mostró que el 40% los suelos obtuvieron un contenido ideal y el 60% fue alto, los suelos alcalinos normalmente tienen contenidos altos en calcio. El contenido de Mg disponible tuvo un rango 5.00 a 9.60 Cmol [+].kg⁻¹; el Mg²⁺ intercambiable varió de 11.08% a 22.85%, con un contenido ideal en el 80% de los predios y 20% correspondieron a un nivel alto; es abundante en suelos arcillosos y con contenidos altos en MO. Los suelos generalmente contienen menos Mg²⁺ que Ca²⁺ debido a no es absorbido tan fuertemente por los coloides del suelo y puede perderse más fácilmente por lixiviación (Cuadro 7).

En el Cuadro 7 se observa el contenido micronutricional de los suelos. Los contenidos de Cu²⁺ de 1.99 a 4.95 mg.kg⁻¹, con 40% de los predios con un rango alto y 60% muy alto, el Fe²⁺ con valores bajos de 2.60 a 9 mg.kg⁻¹ con el 50% presentaron un nivel muy bajo, el 30% de los predios que se ubicaron en una categoría baja con valores, mientras y el 20% restante, con un nivel moderadamente bajo, también se relaciona con el contenido de MO y pH del suelo, el exceso de CU²⁺ puede afectar la disponibilidad del Fe.

Cuadro 6. Propiedades químicas y macronutrientes del suelo

Predio	pH	MO	CE	Nitratos	P disponible	K disponible
1	8.10	3.93	0.80	87.32	191.05	1.88
2	8.80	3.52	0.85	45.99	66.34	2.51
3	8.70	3.70	0.79	49.51	108.66	1.95
4	8.70	3.28	0.80	31.34	109.94	2.05
5	8.10	3.13	0.73	50.93	182.50	1.40
6	8.20	3.97	0.74	46.08	179.10	1.81
7	8.30	2.07	0.67	46.80	130.10	1.73
8	8.20	3.02	0.77	70.84	173.90	1.66
9	8.10	4.03	0.69	40.78	226.80	1.38
10	8.10	3.86	0.81	53.20	191.60	1.68

Nota. pH (potencial de hidrogeno), MO (materia orgánica), CE (conductividad Eléctrica).

Cuadro 7. Macronutrientes del suelo y bases intercambiables

Predio	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca inter		Mg Inter		K Inter
	Cmol [+].kg ⁻¹		%				
1	26.70	5.50	72.16		14.86	Ideal	5.08
2	25.30	9.60	60.00	Ideal	22.85	Alto	5.97
3	25.50	7.60	65.38	Ideal	19.48	Ideal	5.00
4	24.00	7.60	64.86		20.54	Alto	5.54
5	31.00	5.50	75.60		13.41		3.41
6	34.50	5.70	76.66		12.66		4.02
7	34.30	5.40	77.95	Alto	12.27	Ideal	3.93
8	36.50	5.20	79.34	Alto	11.30	Ideal	3.60
9	34.00	5.00	79.06		11.62		3.20
10	36.50	5.10	79.34		11.08		3.65

Cuadro 8. Micronutrientes del suelo

Predio	CU ²⁺		Fe ²⁺		Mn ²⁺		Zn ²⁺	B ⁺
	mg.kg ⁻¹							
1	2.14	Alto	5.20	Bajo	6.00	Moderadamente	6.10	Alto
2	2.11		2.60		4.30	Bajo	2.50	Medio
3	4.53		2.80	Muy Bajo	2.70	Bajo	9.00	11.45
4	4.95		3.50	Bajo	3.30		10.80	11.17
5				Moderadamente				
	3.22	Muy Alto	6.10	Bajo	6.10	Moderadamente	9.40	Muy Alto
6	3.42		5.70		5.60	Bajo	8.30	7.57
7	2.57		5.10	Bajo	5.40		7.00	6.13
8	1.99		4.20		4.70	Bajo	6.00	6.74
9		Alto		Moderadamente				
	2.41		6.90	Bajo	5.60	Moderadamente	9.30	Muy Alto
10		Muy Alto		Medio		Bajo		6.13
	3.63	Alto	9.00		5.70		11.80	6.99

El Mn²⁺ de 2.70 a 6.10 mg.kg⁻¹ el nivel bajo con el 40% de los predios, y en el nivel moderadamente bajo el 60% de los predios, esto se debe la oxidación por acción biológica en suelos bien aireados, por lo que disminuye su disponibilidad en suelos con pH alcalinos. El Zn²⁺ presento niveles altos de 2.50 a 11.80 mg.kg⁻¹ con valor medio fue de 10%, en alto con el 30%, el 40% con nivel muy alto, el Zn²⁺ puede obtener valores significativos debido a que es capaz de sustituir a algunos elementos de la estructura de la arcilla (Al, Mn, Fe), permaneciendo inaccesible para la planta y B⁺ de 6 a 14.36 mg.kg⁻¹ correspondió a un nivel alto para el 100% de los suelos, el B⁺ es adsorbido en minerales arcillosos en la materia orgánica, en los hidróxidos de aluminio y hierro pero siempre se encuentra disponible para la planta.

CONCLUSIONES

Se evaluaron diez predios de la comunidad de San Pablo Tepetzingo los cuales mostraron valores bajos en los indicadores de calidad del suelo y en los indicadores de salud del cultivo, de bajos a medios. El indicador con mayor valor fue la profundidad del suelo mientras que el color fue el indicador con datos más bajos, por la alta reacción al HCL, que indico la presencia de carbonatos de calcio. La salud del cultivo de maíz elotero obtuvo calificaciones de 2.6 a 8.6, el parámetro con mayor valor fue la tolerancia al estrés y los de menor valores fueron la diversidad natural y vegetal, ya que mayoritariamente se practica el monocultivo. Los predios, en general, presentaron valores bajos menores a 6.2. Los datos pertenecieron a suelos alcalinos. La textura en 90% de los sitios fue arcilla con porcentajes mayores a 44% de arcilla, con densidades aparente del suelo de 1.18 a 1.21 g.cm⁻³. De manera general poseen niveles de medios a altos de macronutrientes y micronutrientes. La diversidad y riqueza de los agroecosistemas representan un irrenunciable patrimonio social, cultural, ecológico y económico de las sociedades rurales por lo que hace necesario desarrollar estrategias para la evaluación de los suelos y los cultivos, a través de indicadores simples y observables en campo, que tomen en consideración el conocimiento generado por las mujeres y los hombres, que están en contacto con estos recursos.

LITERATURA CITADA

- Botello, F., Illoldi-Rangel, Linaje, M., P. & Sánchez-Cordero, V. (2006). Primer registro del tigrillo (*Leopardus wiedii*, Schinz 1821) y del gato montés (*Lynx rufus*, Kerr 1792) en la reserva de la biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, vol. 22(1). pp. 135-139.
- Campitelli, P., Aoki, A., Gudelj O., Rubenacker A. & R. Sereno. (2010). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ci. Suelo*, vol. 28(2). pp. 173-178.
- Espinosa, A., Sierra, M. y Gómez, N. (2002). Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INI-FAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 14(1). pp. 117-121.
- García. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones a las condiciones de la República Mexicana)*. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 217
- Julca-Otiniano, Alberto, Meneses-Florián, Liliana, Blas-Sevillano, Raúl, & Bello-Amez, Segundo. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, vol. 24(1). pp. 49-61.
- NOM. (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario oficial*

de la federación. México. 2ª ed. martes 31 de diciembre de 2002. SEMARNAT. 79.

Ramírez-Pulido J., J. Arroyo, C. y A. Castro, C. (2005). Estado Actual y Relación Nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (N. S.)*, vol. 21 (1). pp. 21-82.

Rodríguez M., Covarrubias R. y Rojas S. (2008). *El cultivo de maíz*. Temas selectos. 1ra Ed. Colegio de postgraduados. México. Mundi-Prensa. 32.

Villaseñor, J L. Dávila, P. y Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, vol. 50. pp. 135-149.

Capítulo IV

Rogelio Álvarez Hernández¹, Miriam Galán Reséndiz^{2*}

INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO Y SALUD DEL AGROECOSISTEMA MILPA, EN VICENTE GUERRERO, ESPAÑITA TLAXCALA

RESUMEN

El proyecto se realizó en las clases de tierra Arenosa blanca (Ab), Arenosa café (Ac), Arenosa gris (Ag), Arenosa café oscuro (Aco), Arcillosa tepetatuda (At), Tepetatuda (T), Tepetatuda amarilla (Ta) Tepetatuda amarilla rojiza (Tar) y Tepetatuda blanca (Tb), reportadas en la comunidad de Vicente Guerrero, Españita, Tlaxcala. En un paisaje que se constituye por lomeríos con presencia superficial de tobas y brechas basálticas con cañadas. Se diseñó la evaluación de la calidad de suelo y salud de la asociación de cultivo conocida como milpa, se utilizaron para cada uno diez características, simples y observables en campo. De igual forma se analizaron las propiedades físicas y químicas de la capa arable del suelo de los sitios de interés. Se observó que las clases de tierras tepetatudas poseen los menores valores respecto a los indicadores de calidad de suelo y los datos obtenidos en laboratorio. De manera general, se observó que la milpa, en esta región se relaciona con la siembra de un gran número de variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba* L.) y calabaza (*Cucurbita* sp.), en sus múltiples combinaciones, los indicadores de salud mostraron valores altos en diversidad vegetal y genética mientras que valores bajos en los indicadores de rendimiento y plagas y enfermedades. El sistema agrícola milpa perdura por las condiciones ecológicas de la comunidad, reflejado en prácticas agrícolas complejas, como las terrazas con y sin bordos cubiertos por árboles de usos múltiples, como estrategia de conservación de la agrodiversidad mexicana.

Palabras clave: Milpa, agrodiversidad mexicana, prácticas agrícolas, calidad de suelo

¹ Centro de Investigación en Agricultura Orgánica (CIAO). UACH. roger_owl_uach@yahoo.com.mx

² Doctorante-COLPOS. Colaboradora Externa del CIAO. miriamgalanr.suelos@gmail.com

*Autor para correspondencia.

ABSTRACT

The project was carried out in the soils classes, Arenosa blanca (Ab), Arenosa café (Ac), Arenosa gris (Ag), Arenosa café oscuro (Aco), Arcillosa tepetatuda (At), Tepetatuda (T), Tepetatuda amarilla (Ta), Tepetatuda amarilla rojiza (Tar) and Tepetatuda blanca (Tb), reported in the community of Vicente Guerrero, Españita, Tlaxcala. In a landscape that is constituted by hills with superficial presence of tuffs and basaltic gaps with streams. The evaluation of the soil quality and health of the cultivation association known as milpa was designed, they were used for every ten characteristics, simple and observable in the field. In the same way, the physical and chemical properties of the arable soil layer of the sites of interest were analyzed. It is possible that the classes of tepetatudas lands have the lowest values regarding the soil quality indicators and the data obtained in the laboratory. In general, it is said that the milpa in this region is related to the sowing of a number of native varieties of corn (*Zea mays* L.), beans (*Phaseolus vulgaris* L.), broad beans (*Vicia faba* L.) and pumpkin (*Cucurbita* sp.), in its multiple combinations. The health indicators show high values in plant and genetic diversity while low values in the performance indicators and pests and diseases. The milpa agricultural system endures due to the ecological conditions of the community, reflected in complex agricultural practices, such as terraces with and without borders covered by multiple-use trees, as a conservation strategy for mexican agro-diversity.

Keywords: Milpa, mexican agrodiversity, agricultural practices, soil quality

INTRODUCCIÓN

Los agroecosistemas en México son resultado de una serie de procesos de domesticación y de adaptación de las plantas a condiciones locales, edáficas, climatológicas, sociales y culturales (CONABIO, 2009). El altiplano mesoamericano es centro de origen, diversificación y domesticación de una gran cantidad de plantas, que han aportado al mundo alimentos que forman parte de las dietas cotidianas. En la comunidad de Vicente Guerrero, Españita, Tlaxcala, México, el conocimiento ancestral sobre el aprovechamiento y manejo del suelo y los cultivos «nativos», como la «milpa», del náhuatl «milpan» de «milli», parcela sembrada, y «pan», encima de (Montemayor, 2009); un antiguo agroecosistema mesoamericano integrado por maíz, frijol y calabaza, y, eventualmente, haba o tomate de cáscara, que ha proveído, históricamente, un abastecimiento comunal, consistente, de cultivos y especies locales, silvestres, toleradas y fomentadas.

La milpa perdura por las condiciones ecológicas de la comunidad, reflejado en prácticas agrícolas complejas, por ejemplo, la formación de terrazas sucesivas, en sentido perpendicular a la pendiente del terreno, con y, sin bordos cubiertos por agave de tipo pulquero «metepantle», de los vocablos náhuatl «metl», maguey o agave, y «pantli», bandera o división (Galán, 2018), o la asociación con árboles y arbustos de uso múltiple. La diversidad y riqueza de este agroecosistema representan un invaluable patrimonio social, cultural, ecológico y económico de las sociedades mesoamericanas. Proporcionar un ambiente nutrimental ideal para el crecimiento óptimo exige entender los factores que intervienen en su crecimiento y desarrollo. El objetivo de la presente investigación es caracterizar

la calidad del suelo y la salud de la milpa con base en el conocimiento local y científico que permita diseñar estrategias para su manejo, a través de la construcción y evaluación de indicadores simples y observables en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en las clases de tierra descritas para comunidad de Vicente Guerrero, Españita, Tlaxcala, que se localiza en el municipio de Españita, Tlaxcala, a una altitud de 2640 m (Figura 1). Las coordenadas se ubican en los 19° 27' 41" Norte y 98°25'23" Oeste. El clima de acuerdo con García (1973) de tipo C (w") (w) b (i'), de tipo subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación media entre 700 a 1000 mm y temperatura media de 12 a 18°C. El período húmedo comprende aproximadamente 72 días y el término del período de crecimiento se prolonga más allá del término de la estación lluviosa (Figura 2). La región pertenece a la región Neotropical con influencias polares y la influencia de frentes fríos invernales. Con un total de horas frío estimado de 524.29 y un Período libre de heladas promedio (TPB > 0°C) promedio de 10.47 meses y un período libre de heladas disponible (TPB > 2°C) de 11.66 meses (Figura 3).

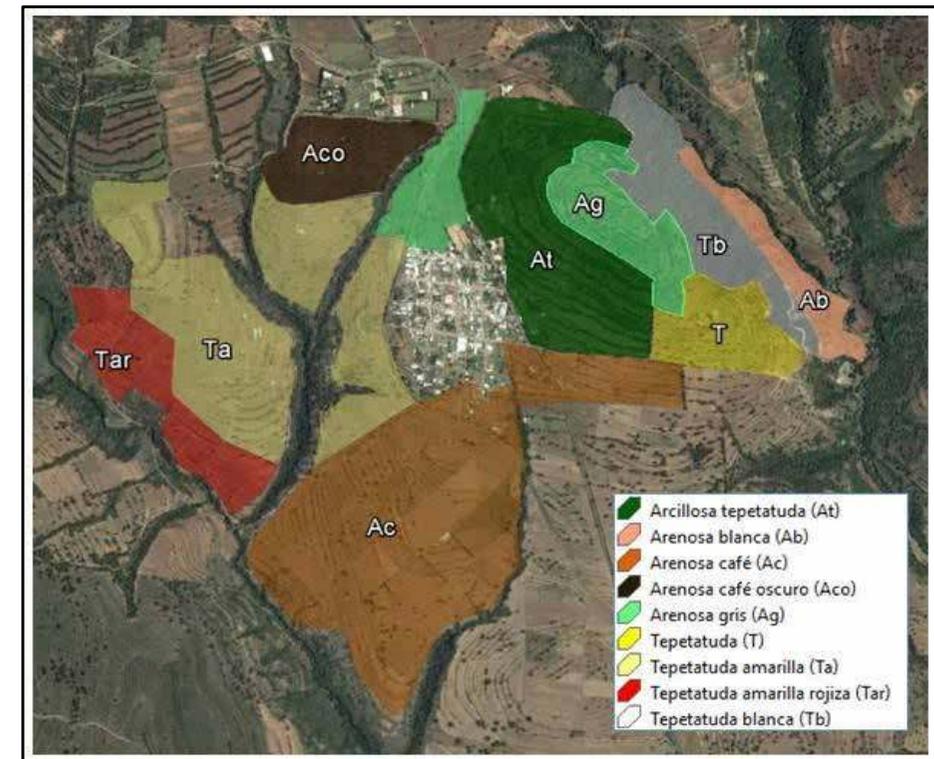


Figura 1. Clases de tierra en la comunidad de Vicente Guerrero, Españita, Tlaxcala

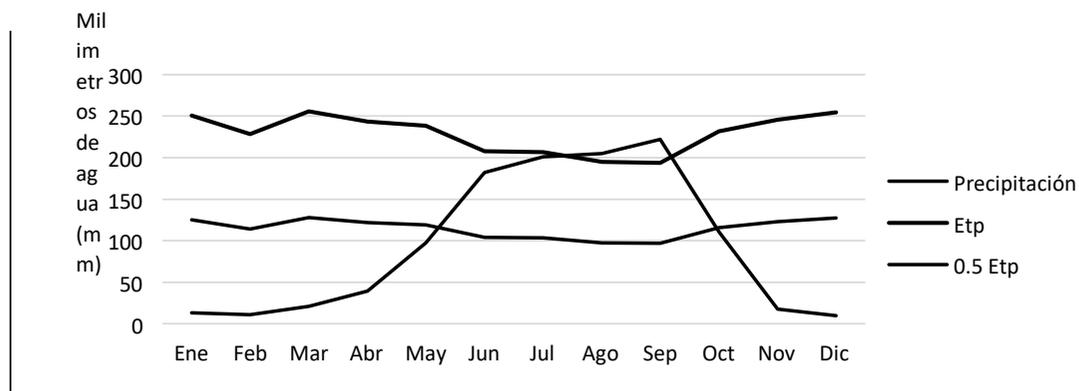


Figura 2. Periodo de crecimiento

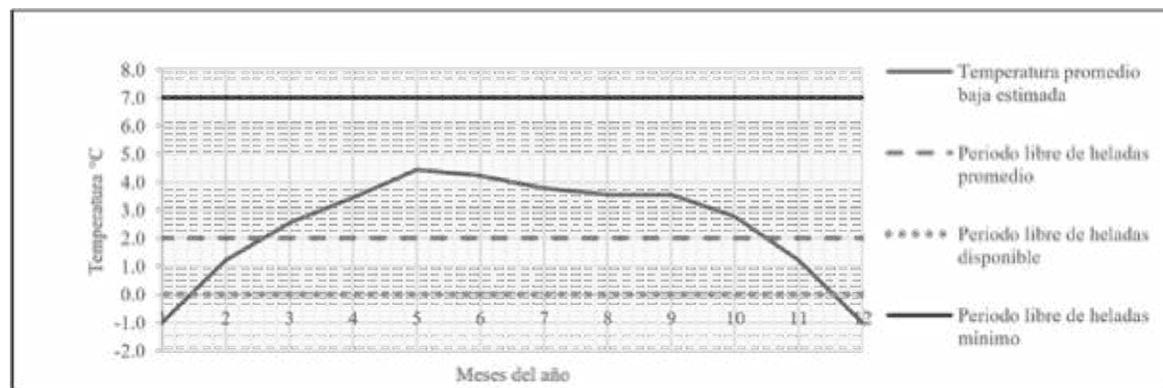


Figura 3. Periodo libre de heladas

Cuadro 1. Indicadores de la calidad del suelo

1. Estructura	
• Suelo sin desarrollo visible de estructura, suelo endurecido, mantienen la forma después de aplicar fuerte presión, suelos con estructuras laminares o prismáticas (más de 30 cm)	1
• Suelo con desarrollo moderado de estructura, suelo con pocos gránulos, bloques angulares y subangulares que se rompen al aplicar moderada presión	5
• Suelo fuertemente desarrollado, estructura jerarquizada, migajosa, granular, bloques subangulares. Suelos friables	10
2. Compactación e infiltración	
• Se inunda en suelos en planicies o hay escurrimiento en pendientes pronunciadas	1
• El agua se infiltra lentamente y en ocasiones hay encharcamiento o escurrimiento	5
• El agua se infiltra fácilmente, no hay encharcamiento ni escurrimiento	10

3. Profundidad del suelo	
• Tepetate expuesto en la superficie o lecho rocoso	1
• Suelo delgado con menos de 20 cm de profundidad	5
• Suelo con más de 20 cm de profundidad	10
4. Residuos de cosecha	
• Sin presencia de residuos	1
• Se mantienen residuos que se descomponen lentamente	5
• Residuos en varios estados de descomposición	10
5. Color del suelo	
• Suelo claro y fuerte reacción al ácido clorhídrico (HCl) al 10 %	1
• Suelo pardo claro o rojizo y moderada reacción al ácido clorhídrico (HCl) al 10 %	5
• Suelo pardo oscuro o negro y ligera o nula reacción al ácido clorhídrico (HCl) al 10 %	10
6. Retención de humedad	
• El suelo no retiene humedad	1
• El suelo retiene moderada humedad en la época seca	5
• El suelo permanece húmedo la mayor parte del año	10
7. Raíces	
• Raíces pequeñas y enfermas	1
• Raíces moderadamente desarrolladas principales y secundarias	5
• Raíces saludables y profundas, con abundantes raíces finas	10
8. Cobertura de suelo	
• Suelo desnudo, sin cobertura	1
• Cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva, menos de 50 % del suelo	5
• Con cobertura viva o muerta más del 50 % del suelo	10
9. Erosión	
• Arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos	1
• Erosión hídrica laminar y en surcos	5
• Erosión no visible	10
10. Materia orgánica	
• No se observan macro ni micro organismos, sin reacción al agua oxigenada (H ₂ O ₂)	1
• Presencia de lombrices y artrópodos y moderada reacción al agua oxigenada (H ₂ O ₂)	5
• Abundante actividad biológica y fuerte reacción al agua oxigenada (H ₂ O ₂)	10

Indicadores de calidad del suelo. Para el diseño los indicadores de la calidad de suelo, se utilizaron diez características, estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, residuos de cosecha, color del suelo, retención de humedad, raíces, cobertura, erosión y materia orgánica (Cuadro

1). Cada indicador se evaluó de forma independiente asignándole valores de 1, 5 y 10 (1 representa el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado).

Indicadores de salud de la milpa. Para el diseño de los indicadores de salud del cultivo se consideraron las variables, apariencia, crecimiento, tolerancia al estrés, enfermedades o plagas, malezas, rendimiento, diversidad genética, vegetal y natural, y sistema de manejo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Indicadores de la salud del cultivo

1. Apariencia	
• Cultivos cloróticos o con coloraciones moradas o rojizas	1
• Cultivos verde claro, con algunas decoloraciones	5
• <u>Cultivos verde intenso</u>	<u>10</u>
2. Crecimiento de la asociación de cultivos	
• Crecimiento raquíutico del maíz, hojas quebradizas, entrenudos cortos. Poco desarrollo en otras plantas	1
• Hojas de maíz moderadamente quebradizas, los entrenudos distribuidos. Ligeramente limitado desarrollo de otros cultivos	5
• <u>Hojas de maíz firmes y abundantes, distribución de entrenudos homogéneamente</u>	<u>10</u>
3. Tolerancia al estrés	
• Susceptibles, se recuperan en un tiempo prolongado	1
• Se recuperan lentamente en condiciones de hipoxia o anoxia	5
• <u>Soportan sequía o alto porcentaje de humedad, recuperación rápida</u>	<u>10</u>
4. Enfermedades y plagas	
• Síntomas severos, abundante presencia de insectos	1
• Síntomas de leves a severos, reducida presencia de insectos	5
• <u>Sin síntomas visibles</u>	<u>10</u>
5. Malezas	
• Alta competencia de plantas ajenas a la milpa, que no poseen uso	1
• Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia	5
• <u>El cultivo se sobrepone a las plantas ajenas al cultivo</u>	<u>10</u>
6. Rendimiento	
• Bajo con relación al promedio de la zona	1
• Medio, aceptable con relación al promedio de la zona	5
• <u>Bueno o alto, con relación al promedio de la zona</u>	<u>10</u>
7. Diversidad genética	
• Escasa, variedad de maíz criollo	1
• Media, cruza de variedades criollo e híbrido	5
• <u>Alta, se usa material híbrido</u>	<u>10</u>
8. Diversidad vegetal	
• Un cultivo asociado, nula o poca rotación de cultivos	1
• Dos cultivos asociados, se rota con alguna otra especie	5
• <u>Con dos o más cultivos asociados y rotación constante de cultivo</u>	<u>10</u>
9. Diversidad natural circundante	
• Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera	1
• Rodeado al menos en un lado por vegetación natural	5
• <u>Rodeado al menos en un 50 % de sus bordes por vegetación y delimitado por cortina rompe vientos</u>	<u>10</u>

- Monocultivo convencional, sin manejo con agroquímicos, sin aplicación de enmiendas. 1
- Poca rotación de cultivos, limitado manejo de agroquímicos, abonos y enmiendas 5
- Rotación de cultivos, manejo integrado, aplicación constante de abonos y enmiendas. 10

Cada indicador se evaluó de forma independiente asignándole valores de 1 que representa el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 valor deseado. Al asignarle un valor a cada indicador, estos se sumaron y se dividieron entre el número de indicadores evaluados para obtener un promedio que represento la salud del cultivo.

Las propiedades de los suelos en la capa arable evaluadas en la capa arable fueron carbono orgánico (Walkley-Black), pH (1:1 en agua), densidad aparente (método de la parafina), clase textural (método de la pipeta), conductividad eléctrica (extracto de pasta de saturación) y capacidad de intercambio catiónico (acetato de amonio - C2H7NO2) [Soil Survey Staff, 2014]. Se aplicó el análisis de Conglomerados (Análisis Clúster) con base en la metodología sugerida por Dallas (2004), utilizando el programa Statgraphics Centurion© XVI versión 1.11, para evaluar en forma cuantitativa las clases de tierra, con base al método del Vecino Más Cercano, que maximiza las relaciones entre una pareja de agrupamientos.

RESULTADOS

El proyecto se realizó en las clases de tierra Arenosa blanca (Ab), Arenosa café (Ac), Arenosa gris (Ag), Arenosa café oscuro (Aco), Arcillosa tepetatuda (At), Tepetatuda (T), Tepetatuda amarilla (Ta) Tepetatuda amarilla rojiza (Tar) y Tepetatuda blanca (Tb), identificadas en la comunidad de Vicente Guerrero, cuyo paisaje se constituye por lomeríos con presencia superficial de tobas y brechas, llanuras, planicies y mesetas basálticas con cañadas (Sánchez, 2008) de movimientos geológicos del Terciario y anteriores que formaron la subprovincia fisiográfica de los Lagos y Volcanes del Anáhuac, que se abastece de la Cuenca Tuxpan-Nautla, del Río Tecolutla.

Los suelos corresponde a Regosols y Antrosols donde práctica el manejo agronómico y la construcción de obras de conservación de suelo como terrazas, zanjas, barreras vivas de maguey (*Agave spp.*), sabino (*Juniperus spp.*), huiscolote (*Lycium schaffneri A. Gray*), pino (*Pinus spp.*), encino (*Quercus spp.*), nopal (*Opuntia spp.*) y plantas medicinales conocidas. De manera general, la milpa se relación al cultivo de un gran número de variedades nativas de maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), haba (*Vicia faba L.*), calabaza (*Cucurbita sp.*).

De acuerdo con Rojas (1989), el eje principal y manejo de este sistema agrícola milpa es de origen prehispánico, que en conjunto representan a los cuatro géneros cultivados más comunes del área cultural mesoamericana. Moonen & Bárberi (2008), argumentan que no es posible separar este tipo de agroecosistemas de los ecosistemas naturales, ya que no son interdependientes y por ello es apropiado usar el término agroecosistemas como un concepto y enfoque de estudio dentro de la teoría general de sistemas propuesta por Gliessman (2002). En el Cuadro 3 se muestran los componentes de la milpa en cada clase de tierra así como su relación con la fertilidad del suelo. El proceso productivo del sistema milpa incluye varias prácticas de origen ancestral; como la siembra, escarda, abonos y almacenamiento

de la cosecha, tal como mencionó Rojas (1989). La calidad del suelo donde se cultiva la milpa se evaluó mediante la construcción y diagnóstico de indicadores simples y observables en campo. Desde una perspectiva ecológica, este concepto refleja la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema, para sostener o mejorar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener a la comunidad y el hábitat.

Cuadro 3. Características generales del agroecosistema milpa

Suelo	Clase	Componentes de la milpa	Fertilidad del suelo	Peculiaridades de la milpa
Ab	Arenosa blanca	Maiz, frijol, ocasionalmente haba	Son suelos profundos, moderadamente endurecidos con ligera pendiente, Textura arcillosa con presencia de tepetate y color pardo oscuro. Todos los cultivos prosperan con dosis de fertilización o abonado.	Terraza con bordo cubiertos con árboles de pino y encino y arbustos locales, eventualmente, rotación con monocultivos (tomate de cascara y trigo)
Ac	Arenosa café	Maiz, haba y frijol	Son suelos moderadamente profundos, sobre superficies planas con textura arenosa y color pardo muy claro. Todos los cultivos prosperan, abundancia de quelites, presencia de tepalcates.	Terrazas con bordos de árboles frutales con sistema milpa y monocultivos (tomate de cascara y calabaza)
Aco	Arenosa café oscuro	Maiz, calabaza, haba y frijol	Son suelos moderadamente profundos y endurecidos, en superficies planas con textura arenosa y color pardo. Todos los cultivos prosperan con moderadas dosis de fertilización o abonado.	Terraza con bordo de agave, monocultivos
Ag	Arenosa gris	Maiz, calabaza y haba	Son suelos moderadamente profundos, sobre superficies planas con textura arenosa y color pardo oscuro. Todos los cultivos prosperan, abundancia de quelites.	Terraza con bordo cubiertos de agave pulquero y árboles frutales, con sistema milpa y monocultivos (tomate de cascara y trigo)
At	Arcillosa tepetatuda	Maiz, calabaza, haba y frijol	Son suelos moderadamente profundos con ligera pendiente, textura arenosa y color pardo claro. Todos los cultivos, abundancia de quelites, prosperan con mínimas dosis de fertilización o abonado.	Terrazas con borde cubiertos de maguey pulquero y arbustos locales con sistema milpa y monocultivos (tomate de cascara y trigo)
T	Tepetatuda	Maiz y frijol	Son suelos poco profundos, delgados, en superficies con moderada pendiente y afloramiento de tepetate, endurecidos, de color pardo. Prosperan casi todos los cultivos la limitante corresponde a la profundidad y dureza del suelo.	Terrazas, con bordos cubiertos de maguey pulquero y nopal
Ta	Tepetatuda amarilla	Maiz, calabaza, haba y frijol	Son suelos poco profundos con presencia de tepetate, color amarillo, con textura arcillosa con arenas, ligeramente endurecidos, sobre superficies de ligera pendiente. Todos los cultivos prosperan.	Terraza con bordo cubiertos de maguey pulquero, nopal o árboles frutales, con sistema milpa y monocultivos (tomate de cascara y trigo)
Tar	Tepetatuda amarilla rojiza	Maiz, calabaza y frijol	Son suelos delgados con afloramiento de tepetate, en superficies con moderada pendiente, con textura arcillosa con arenas, color amarillo rojizo y evidente erosión. Todos los cultivos prosperan con altas dosis de fertilización o abonado.	Zanjas trinchera, con sistema milpa y monocultivos (tomate de cascara y trigo)
Tb	Tepetatuda blanca	Maiz y frijol	Son suelos poco profundos, tepetate, color pardo muy claro, moderadamente endurecidos, moderada pendiente. Casi todos los cultivos prosperaran, limitado almacenamiento de agua.	Presencia solo árboles y arbustos de usos múltiples, provenientes de procesos de reforestación

La calidad del suelo y sus parámetros de referencia se pueden ligar al concepto de funcionalidad del ecosistema, ya que integra los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo (Astier-Calderón *et al.*, 2002). En el Cuadro 4 y las Figuras 4 y 5, se muestran los valores promedio de los datos obtenidos, que varían de 1.44 a 7.33. El indicador con mayor valor fue la profundidad del suelo y el color, mientras que el indicador de retención de humedad fue el que obtuvo menor valor, síntomas de una baja calidad física del suelo es cuando, tal como mencionan Segueda y colaboradores (2011), en tanto que el análisis de suelo (Cuadro 6) evidencia la presencia de texturas gruesas, arenosas, en todas las clases de tierra.

La importancia de evaluar las características del suelo es porque la calidad de este recurso no se puede mejorar fácilmente y amerita una gran variedad y cantidad de prácticas agronómicas. La clase de tierra con menor valor en los indicadores de calidad corresponde a la Tepetatuda y la mejor evaluada fue la Tepetatuda barrosa. Las definiciones más recientes de calidad del suelo se basan en la multifuncionalidad del suelo y no sólo en un uso específico, pero este concepto continúa evolucionando (Singer y Ewing, 2000). De acuerdo con estas ideas, no habría un enfoque único para generar un conjunto de indicadores para cada propósito. Los enfoques pueden cambiar con el tiempo conforme incrementa el entendimiento de los problemas ambientales y conforme los valores sociales evolucionen (Cruz, Barra, del Castillo & Gutiérrez, 2004).

Cuadro 4. Valores promedio de los Indicadores de calidad del suelo

Indicadores de calidad del suelo	Clases de suelo									Promedio
	Ab	Ac	Aco	Ag	At	T	Ta	Tar	Tb	
Estructura	5	5	5	5	5	1	1	1	10	4.22
Compactación e infiltración	10	5	5	5	5	1	5	1	10	5.22
Profundidad del suelo	10	5	10	10	10	1	5	5	10	7.33
Residuos de cosecha	5	5	5	10	1	5	5	5	1	4.67
Color del suelo	10	5	10	10	10	1	5	5	10	7.33
Retención de humedad	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1.44
Raíces	10	5	5	5	10	1	10	1	10	6.33
Cobertura de suelo	5	1	5	5	5	1	1	5	5	3.67
Erosión	1	5	1	5	5	1	1	1	1	2.33
Materia orgánica	5	1	5	5	5	5	5	5	5	4.56
Promedio	6.2	3.8	5.2	6.1	5.7	1.8	4.3	3	6.3	

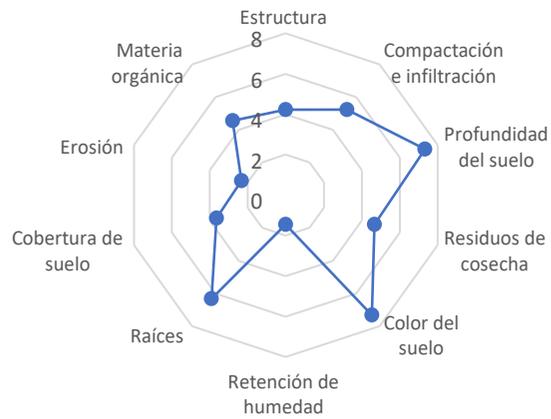


Figura 4. Calidad del suelo en predios de cultivos de maíz

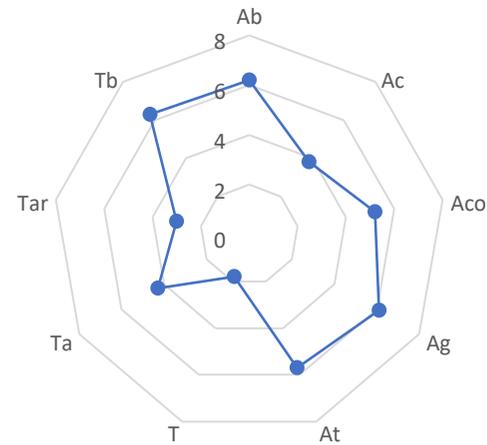


Figura 5. Calidad del suelo en predios de cultivos de maíz por clases

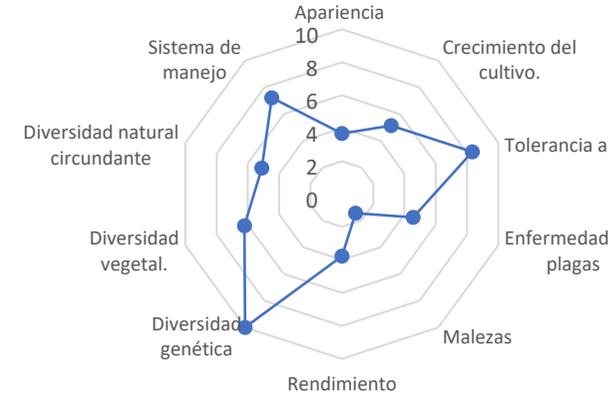


Figura 6. Salud de la milpa

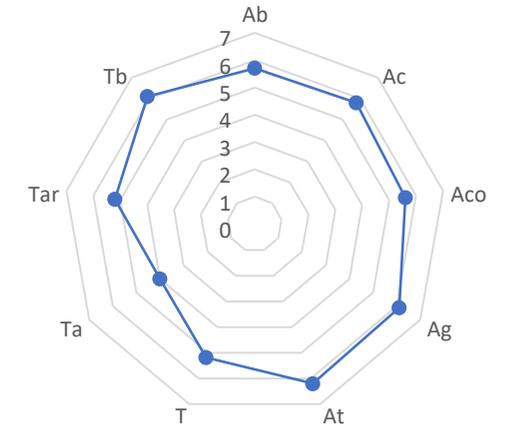


Figura 7. Salud de la milpa en predios de cultivos de maíz por clase de tierra

Respecto a la salud de los cultivos de maíz, los resultados en el Cuadro 5, muestran que los indicadores obtuvieron valores de 1.44 a 10, que corresponden a los indicadores de malezas y diversidad genética (Figuras 6 y 7). La evaluación cualitativa es un enfoque alternativo para obtener indicadores, dentro de los cuales se pueden considerar las características que puedan revelar posibles (Etchevers *et al.*, 2009).

Cuadro 5. Evaluación de indicadores de la salud del cultivo

Indicadores de salud de la milpa	Clases de tierra									Promedio
	Ab	Ac	Aco	Ag	At	T	Ta	Tar	Tb	
Apariencia	1	1	5	5	5	1	5	5	5	3.67
Crecimiento del cultivo	5	1	5	5	5	5	5	10	5	5.11
Tolerancia a estrés	10	5	10	10	10	5	10	5	10	8.33
Enfermedades y plagas	5	5	5	5	5	5	1	5	5	4.56
Malezas	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1.44
Rendimiento	5	10	5	5	1	1	1	1	5	3.78
Diversidad genética	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10.00
Diversidad vegetal.	5	10	5	10	10	5	1	5	5	6.22
Diversidad natural circundante	5	10	5	5	5	5	1	5	5	5.11
Sistema de manejo	10	5	5	5	10	10	5	5	10	7.22
Promedio	5.7	5.8	5.6	6.1	6	5	4	5.2	6	

La evaluación cuantitativa de la capa arable del suelo en las clases de tierras permitió probar la validez de la diversidad de opiniones sobre el recurso suelo, que como menciona Pájaro (2010) fueron resultado de multitud de influencias a las que han estado sometidos los hombres y mujeres que trabajan el campo, que incluye la creación dialéctica de una síntesis a partir de la tesis y la antítesis. Los datos obtenidos de las propiedades de la capa arable del suelo, determinadas en laboratorio, se muestran en el Cuadro 6, en el que se observa que las clases Ab, Ac, Aco, Tar, Ta, Ag, Tb y T tuvieron una textura franco-arcillo-arenosa y At mostró una textura arcillo-arenosa. La densidad aparente varió de 1.46 g cm⁻³, en la clase At, a 1.38 g cm⁻³, en las clases Ab y T, las demás oscilaron de 1.39 a 1.42 g cm⁻³. Los contenidos de M.O. fueron menores al 2%, con una ligera variación entre las clases, el contenido más alto se encontró en la clase Tar (1.67%) y el valor más bajo en T (0.94%), en las clases restantes los valores oscilaron de 1 a 1.34%. Las clases Ab, Ac, Aco, Tar, Ta, Ag, Tb y T presentaron pH neutro y en At fue moderadamente ácido, 6.1. La conductividad eléctrica varió de 0.06 a 0.30 dS m⁻¹ en las clases de tierra Tar y Ta, respectivamente, mientras que la capacidad de intercambio catiónico fue de 6.20 a 31.65 Cmol K (+), en At y T.

Cuadro 6. Valores promedio de las propiedades de los suelos de las clases de tierra campesina en la comunidad de Vicente Guerrero, Española, Tlaxcala

Clase de tierra	pH	MO (%)	CE (dS.m ⁻¹)	CIC [CmolK(+)]	Dap (g.cm ⁻³)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
At	6.10	1.21	0.21	6.20	1.46	60.2	22	17.8	Arcillo arenoso
Ab	6.84	1.28	0.18	16.27	1.38	52.2	20	27.8	
Ac	6.50	1.14	0.11	7.65	1.4	48.5	28	23.8	
Aco	6.52	1.08	0.09	8.72	1.42	54.2	24	21.8	
Ag	6.54	1.08	0.12	11.45	1.4	48.2	28	23.8	Franco-arcillo-arenoso
T	6.69	0.94	0.08	31.65	1.38	46.8	26	27.2	
Ta	6.73	1.34	0.30	10.13	1.4	50.2	26	23.8	
Tar	3.31	1.67	0.06	9.92	1.39	48.2	26	25.8	
Tb	6.39	1.21	0.28	26.35	1.41	54.8	22	23.2	

Nota. pH: potencial de Hidrógeno; MO: Materia orgánica; CE: Conductividad eléctrica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; Dap: Densidad aparente.

El análisis clúster generó un conglomerado, es decir, un grupo de resultados con características similares, a partir de los nueve conjuntos de datos que corresponden a las clases de tierra campesina. En general, existe una alta relación entre las clases de tierra analizadas, no obstante, se observan extremos de la variación que corresponden a las clases de tierra Arcillosa tepetatuda (At) y Tepetatuda amarilla rojiza (Tar), así como la formación de subconjuntos de clases de tierra (1) Arenosa: blanca (Ab), café (Ac), gris (Ag) y café oscuro (Aco); (2) Tepetatuda: amarilla (Ta), blanca (Tb), tepetatuda «legítima» (T) (Figura 8).

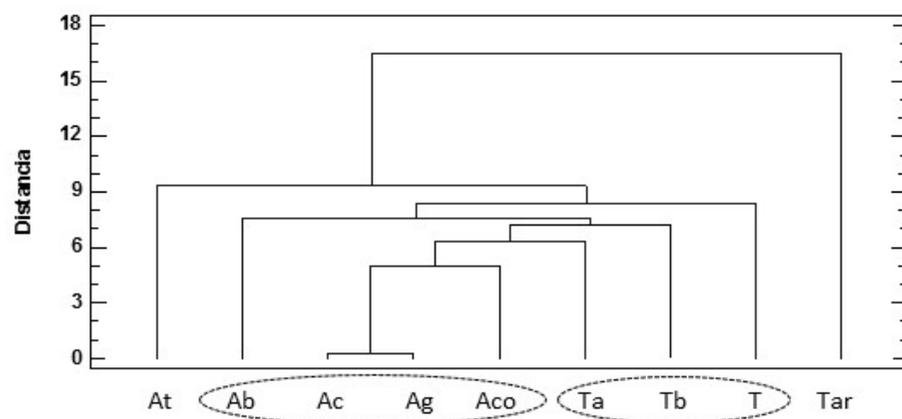


Figura 8. Dendrograma de análisis de conglomerados, método del vecino más cercano para las clases de tierra campesina en la comunidad de Vicente Guerrero, Española, Tlaxcala

CONCLUSIONES

El proyecto se realizó en las clases de tierra Arenosa blanca (Ab), Arenosa café (Ac), Arenosa gris (Ag), Arenosa café oscuro (Aco), Arcillosa tepetatuda (At), Tepetatuda (T), Tepetatuda amarilla (Ta) Tepetatuda amarilla rojiza (Tar) y Tepetatuda blanca (Tb). La milpa se relaciona al cultivo de un gran número de variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba* L.), calabaza (*Cucurbita* sp.). La calidad del suelo y salud de los cultivos asociados al sistema milpa en las clases de tierra donde se cultiva la milpa se evaluó mediante la construcción y diagnóstico de indicadores simples y observables en campo. El indicador de suelo con mayor valor fue la profundidad del suelo y el color, mientras que el indicador de retención de humedad fue el que obtuvo menor valor. Respecto a la salud de la milpa el indicador menor calificado fue el de malezas y el mejor calificado fue el de la diversidad genética. Los sistemas agrícolas milpa presentes en las clases de tierra en la comunidad de Vicente Guerrero proceden de una articulación histórica de conocimientos, tecnología y de prácticas sociales y productivas necesarias para obtener de la tierra y del trabajo humano los productos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de la comunidad. La situación cultural, social y económica de los campesinos permitirá establecer las bases de una serie de propuestas alternativas para el manejo de las nueve clases de tierra, ejecutable en el mediano y largo plazo.

LITERATURA CITADA

- Astier-Calderón M., Maass-Moreno M. y Etchevers-Barra J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. México. *Agrociencia*, vol.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista ecosistemas*, vol.13 (2). pp 90-97.
- Dallas, E. J. 2004. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México. Internacional. Thompson Editores. 566.
- Etchevers J., Hidalgo C., Vergara M., Bautista M. y Padilla J. (2009). *Calidad de suelo: conceptos, indicadores y aplicación en agricultura*. En: López Blanco, J. y Rodríguez-Gamiño, M. de L. Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Colección Geografía para el siglo XXI. Serie Libros de Investigación, vol. 3. 196.
- Galán, R. M. (2018). *Contribución al entendimiento del sistema agroforestal con metepantle en Tepetlaoxtoc, México*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 128.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de Clasificación climática de Köppen (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana)*. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 98.
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica. CATIE. 359.

- González Torres, Y. (2007). Etnografía del maíz: variedades, tipos de suelo, y rituales en treinta monografías. *Etnografía de los confines, INAH*. pp. 179-220.
- Montemayor, C. 2009. *Diccionario del náhuatl en el español de México: nueva edición corregida y aumentada*. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 472.
- Moonen, A-C. & Bárberi, P. (2008). Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agr Ecosyst Environ, vol. 127(1-2)*. pp. 7-21.
- Rojas Rabiela, T. (1985). La tecnología agrícola mesoamericana en el siglo XVI. *Historia de la agricultura, época prehispánica-siglo XVI*. pp. 129-231.
- Segueda, A. N., Correa, G. V., Blanco, J. L., & Gamiño, M. D. L. R. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Contactos, vol. 80*. pp. 29-37.
- Singer, M.J. y Ewing, S. (2000). *Soil Quality*. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.). United States of American. pp. 271-298.
- Soil Survey Staff, (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. United States of American. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 754.

Capítulo V

Marco Antonio Medina Covarrubias¹, Beatriz Guillermina Arrieta Ramos¹,
Gregorio Luna Esquivel¹, Karina Pérez Robles²

EVALUACIÓN DE ARREGLO TOPOLÓGICO DE LOS CULTIVOS MAÍZ Y FRIJOL CON MAYOR RENTABILIDAD PARA PEQUEÑAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN EN EL ESTADO DE NAYARIT

RESUMEN

Con el fin de coadyuvar en la conservación de los recursos naturales e incidir en la solución de la pobreza alimentaria de los productores de subsistencia y sus familias del estado de Nayarit, se estableció la presente investigación, donde a través de técnicas agrícolas sostenibles se evaluó el arreglo topológico del cultivo intercalado de maíz y frijol para evaluar los niveles de rendimiento productivo y económico. Esto nos permitió identificar el arreglo topológico óptimo para el sistema MIAF para productores de subsistencia del estado de Nayarit. Se utilizó un diseño de tratamientos factorial con dos factores, variedades y arreglo topológico. Las variedades evaluadas de maíz son dos blancas: una comercial “Tuxpeño” y otra generada en la Universidad Autónoma de Nayarit. En frijol las variedades Pinto y Negro Nayarit. El segundo factor los arreglos topológicos que consistieron en: a) cultivo simple de maíz y frijol (CSMF), b) dos surcos de maíz intercalado con dos surcos de frijol (MMFF) y c) un surco de maíz intercalado con uno de frijol (MFMF). En el caso de maíz, el arreglo topológico a doble hilera es el más eficiente para la captación de luz por el dosel de la planta y permite obtener mayor producción de biomasa y rendimiento de grano e incrementa la eficiencia relativa de la tierra.

Palabras clave: Pequeños productores, MIAF, arreglo topológico, intercalado

ABSTRACT

In order to contribute to the conservation of natural resources and influence the solution of food poverty of subsistence producers and their families in the state of Nayarit, this project was established,

¹ Unidad académica de agricultura-UAN. Km. 9 Carretera Tepic - Compostela. Xalisco, Nayarit, México (ing.mamc_1995@hotmail.com; g-arrieta@hotmail.com; gollole@hotmail.com).

² Cátedra conacyt-UAA, UAN (karopero@gmail.com).

where, through sustainable agricultural techniques, the Topological arrangement of intercropped corn and bean crops to identify and evaluate levels of productive and economic performance. This allowed us to identify the optimal topological arrangement for the MIAF system for subsistence producers in the state of Nayarit.

A factorial treatment design with two factors will be used. The first factor will be two genotypes of corn and two genotypes of beans. Two varieties of white corn are evaluated first; a commercial brand “Tuxpeño” and another variety generated in this institution.

Afterwards, the two varieties of beans which are pinto and black Nayarit. The second factor was the topological arrangements that consisted of: a) simple cultivation of corn and beans (CSMF), b) two rows of corn interspersed with two rows of beans (MMFF) and c) one row of corn interspersed with one of beans (MFMF).

In the case of corn, the double-row topological arrangement is the most efficient for capturing light through the plant canopy and allows for greater biomass production and grain yield, which increases the relative efficiency of the land.

Key words: Small producers, MIAF, topological arrangement, intercropped.

INTRODUCCIÓN

México dedica 32 millones de hectáreas a tierra de cultivo, el 66 % de esas tierras son pequeñas unidades de producción (PUP) con menos de 5 ha cada una. Aproximadamente tres cuartas partes de las unidades de producción se caracterizan por ser de subsistencia o con vinculación limitada con el mercado, y un ingreso neto anual menor a 17 mil pesos; es decir, menos de 46.6 pesos por día (Cortés *et al.*, 2007). Estas PUP se dedican principalmente a cultivos básicos en condiciones de temporal, por lo que la producción está más expuesta a efectos del clima tales como sequías, inundaciones, granizo, heladas, entre otros, que afectan su productividad.

La baja productividad y competitividad de los sistemas de producción actuales en México han incrementado los problemas de acceso a los alimentos, degradación de los recursos naturales, migración, abandono de la tierra y pérdida de identidad campesina (Piedrahita, 2016). Esto demanda alternativas tecnológicas que aborden de manera simultánea los problemas económicos, sociales y ecológicos que limitan el desarrollo.

El sistema agroecológico de Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) fue desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Colegio de Posgraduados (CP), con el propósito de producir maíz y frijol en conjunto con árboles frutales como alimentos estratégicos para la seguridad alimentaria de las familias rurales, incrementar el ingreso familiar, aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y controlar la erosión hídrica del mismo para lograr un uso más eficiente del agua de lluvia (Cotler y Cuevas, 2017; Turrent *et al.*, 2017).

El presente trabajo muestra resultados preliminares sobre el establecimiento de técnicas agrícolas sostenibles donde se evaluó el arreglo topológico de los cultivos intercalados de maíz y frijol con el fin de evaluar los niveles de rendimiento productivo y económico. Esto permitió identificar el mejor arreglo topológico para el sistema MIAF para productores de la entidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el arreglo topológico de los cultivos maíz y frijol con mayor rentabilidad para pequeñas unidades de producción. Objetivos específicos

- Estimar la eficiencia relativa de la tierra del cultivo de maíz y frijol en tres arreglos topológicos.
- Estimar la eficiencia relativa de ganancia del cultivo de maíz y frijol en tres arreglos topológicos.

Hipótesis

- Los arreglos topológicos del cultivo de maíz y frijol afectan la eficiencia relativa de la tierra.
- Los arreglos topológicos del cultivo de maíz y frijol afectan la eficiencia relativa de ganancia.

REVISIÓN DE LITERATURA

Necesidad de tecnologías para pequeños productores de México

La baja productividad y competitividad de los sistemas de producción actuales que aqueja al campo mexicano han incrementado los problemas de acceso a los alimentos, degradación de los recursos naturales, migración, abandono de la tierra y pérdida de identidad (Piedrahita, 2016). Esto demanda alternativas tecnológicas que aborden de manera simultánea los problemas económicos, sociales y ecológicos que limitan el desarrollo.

En México, uno de los problemas más serios que ha experimentado la agricultura, al cual no se le ha dado la suficiente importancia, es el deterioro de la calidad del suelo. Cotler y Cuevas (2017), mencionan que la pérdida de la fertilidad del suelo y su erosión, conforman los problemas más graves que limitan el propósito de la seguridad alimentaria, y la adaptación de estos sistemas ante la variabilidad climática e influyen en las condiciones de pobreza y de migración rural. Plantea que el reto para la producción agropecuaria es limitar los procesos de la degradación, mientras se siguen manteniendo o incrementando los rendimientos de los cultivos.

La agricultura tradicional de México enfrenta retos económicos, sociales y ecológicos

agudos, éstos últimos ya en camino del desastre, debido al inminente cambio climático. Pero a la vez, la agricultura tradicional es importante productora de alimentos y proporciona el servicio de mayordomía de la agro-biodiversidad del país. Su universo es el de las pequeñas unidades de producción bajo temporal y ocurre frecuentemente en laderas típicamente desprotegidas de la erosión hídrica (Turrent *et al.*, 2017).

Es prioritario que el país detenga la degradación de estos suelos agrícolas, como opción crítica para aspirar a la seguridad alimentaria ante el inminente cambio climático; junto a la crisis de la degradación de los suelos por erosión, convive la crisis económica, que es igualmente apremiante para la agricultura tradicional en pequeñas unidades de producción. Cualquier tecnología para modernizar este tipo de agricultura deberá perseguir múltiples objetivos, respondiendo ventajosa y simultáneamente a criterios ecológicos, sociales, económicos y culturales (Turrent *et al.*, 2017).

Producción de maíz en México

Los productores de maíz cultivan ocho millones de hectáreas cada año, de las que 1.5 millones cuentan con riego, mientras que 6.5 millones son de temporal. Mayormente, la tierra de temporal es cultivada en pequeñas unidades de producción que aplican sistemas tradicionales. La mayor proporción de la producción nacional de maíz proviene de estas pequeñas unidades de producción (Turrent *et al.*, 2012).

En ellas, productores mestizos y de 62 etnias practican la agricultura campesina o de subsistencia que se centra en el cultivo del maíz. La semilla de maíz sembrada es casi exclusivamente nativa autoproducida, aunque también se siembra variedades “acriolladas” producto de la interacción genética entre los maíces nativos y variedades mejoradas de diferente tipo, después de la selección apegada a criterios favorecidos por los mismos productores (Turrent *et al.*, 2017).

Espinoza (2014), menciona que las pequeñas unidades de producción en el estado de Nayarit implementan un sistema de producción denominado “coamil” orientado principalmente al autoconsumo familiar y usualmente es la misma familia quien colabora en las diversas labores del cultivo. En donde el rendimiento medio alcanza 2 t ha⁻¹ cultivándose principalmente maíz y frijol.

La producción de maíz también cumple con otras funciones socioambientales relevantes para la conservación del patrimonio natural y cultural de los pequeños productores, como son la conservación de semillas nativas y los diferentes usos tradicionales de la producción como signo de identidad de los pueblos rurales. Esto demanda alternativas tecnológicas que aborden de manera simultánea y multidimensional (desde lo socioambiental) los problemas económicos, sociales y ecológicos que limitan el desarrollo de los pequeños productores. Es decir, que las soluciones sean multi-objetivo (Cortés *et al.*, 2007).

Implementación de MIAF en México

En México las investigaciones de MIAF se han realizado en diferentes territorios para evaluar su

factibilidad con árboles frutales de la región comparando su eficiencia contra el monocultivo de maíz. Los indicadores más utilizados en estas comparaciones son la eficiencia relativa de la tierra (ERT) utilizada para comparar la productividad de los cultivos intercalados (Rezaei *et al.*, 2011; Vandermeer, 1989), representa el área requerida de monocultivo para obtener el rendimiento de policultivo al mismo nivel de insumos (Malézieux *et al.*, 2009), y la eficiencia relativa de la ganancia (ERG) para el cultivo más rentable económicamente a partir de costos de producción y precios de mercado.

Espinoza *et al.* (2017), evaluaron la eficiencia del uso de la tierra con cultivos de ciclo corto intercalados en una plantación de rambután y con ella, sus aportes socioeconómicos. Se utilizaron los cultivos de ciclo corto: ajonjolí (*Sesamum lapense L.*), maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y calabaza (*Cucurbita pepo L.*) asociados, durante los tres primeros años del establecimiento del rambután. Se comparó la eficiencia productiva de las siembras intercaladas frente a la plantación en monocultivo, para lo cual se utilizó el índice equivalente del uso de la tierra (IET).

Albino *et al.* (2016), evaluaron tres arreglos topológicos intercalados con maíz y frijol. El objetivo fue determinar la mejor dosis de fertilizante y densidad de plantación para el cultivo de maíz ‘H-155’ y frijol negro arbustivo ‘8025’. Los arreglos consistieron en 1) cultivo simple de maíz y frijol (CSMF), 2) intercalados en dos surcos alternos (MMFF), y 3) intercalados en un surco alterno (MFMF).

Albino *et al.* (2015), consideran que los sistemas intercalados de maíz con frijol han aumentado el rendimiento de las especies en comparación con sus cultivos simples y esta ventaja se debería a la complementariedad fisiológica de las especies y a la eficiencia en el uso de los recursos. Al realizar un estudio para analizar el efecto del arreglo espacial del maíz y frijol, en la distribución de la biomasa aérea y de raíces, la radiación fotosintéticamente activa en el dosel de las plantas y la producción de grano de ambas especies.

Milpa intercalada con árboles frutales

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Colegio de Posgraduados han propuesto al MIAF como una alternativa para producir maíz y frijol (alimentos estratégicos para la seguridad alimentaria de las familias rurales), incrementar el ingreso familiar, aumentar el contenido de materia orgánica, controlar la erosión hídrica del suelo y lograr un uso más eficiente del agua de lluvia (Cotler y Cuevas, 2017; Turrent *et al.*, 2017).

El concepto del MIAF, definido por Cortes *et al.* (2007), como un sistema agroecológico de cultivo múltiple, en el cual el maíz (mesocultivo), el frijol u otra leguminosa de preferencia comestible (sotocultivo) y árboles frutales (epicultivo) con demanda en el mercado de fruta fresca, interactúan agrónomicamente en franjas alternas perpendiculares a la pendiente del terreno. Es una tecnología para la intensificación del manejo sustentable de la tierra en sus diferentes objetivos.

Por lo descrito en el párrafo anterior, Turrent *et al.* (2017), coinciden en que el MIAF es una

tecnología multiobjetivo que persigue: incrementar significativamente el ingreso neto y el empleo familiar, sin dejar de producir sus alimentos básicos, proteger el suelo contra la erosión, sin eliminar su roturación excepto en condiciones especiales, fomentar la interacción entre los componentes de cultivos, para una mayor economía del uso de los recursos naturales y los insumos importados a la parcela e incrementar la captura del carbono atmosférico.

Para Cadena *et al.* (2018), el sistema del MIAF, se orienta principalmente hacia los pequeños productores de las llamadas áreas marginadas, con el propósito de mejorar el nivel de vida laboral y económica del productor. Dentro del aspecto de sostenibilidad ecológica, Camas *et al.* (2012), relaciona al MIAF como un sistema que minimiza el proceso de la erosión de los suelos en laderas, con una agricultura pequeña y de autoconsumo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Académica de Agricultura ubicada en Xalisco, Nayarit, durante los ciclos primavera-verano 2019. La ubicación geográfica del sitio es 21°25'44.84" latitud norte y 104°53'24.53" longitud oeste con una altitud de 973 m. El clima semicálido subhúmedo (A)C(w2) con lluvias en verano tiene una temperatura media anual de 21.8 °C y una precipitación de 1,327 mm (García, 2004).

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño de tratamientos factorial con dos factores, el primer factor consistió en dos genotipos de maíz y dos de frijol. Las variedades evaluadas de maíz son dos blancas: una marca comercial "Tuxpeño" (V-526) y otra variedad generada en esta institución "VETX200 UAN". En frijol fueron las variedades pinto y negro Nayarit. El segundo factor: los arreglos topológicos que consistieron en: a) cultivo simple de maíz y frijol (CSMF), b) dos surcos de maíz intercalado con dos surcos de frijol (MMFF) y c) un surco de maíz intercalado con uno de frijol (MFMF).

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos a evaluar.

Tratamiento	Arreglo topológico	Genotipo de maíz	Genotipo de frijol
T1	CSMF	1	1
T2	CSMF	1	2
T3	CSMF	2	1
T4	CSMF	2	2
T5	MMFF	1	1
T6	MMFF	1	2
T7	MMFF	2	1
T8	MMFF	2	2
T9	MFMF	1	1
T10	MFMF	1	2
T11	MFMF	2	1
T12	MFMF	2	2

El diseño experimental que se utilizó fue parcelas divididas, donde la parcela mayor consistió en el arreglo topológico y la parcela menor los genotipos. Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento. La parcela menor consistió en seis surcos de 0.8 m de ancho por 2.2 m, con los dos surcos centrales como parcela útil (32 plantas). El número total de unidades experimentales fue de 36.

Variables

Biomasa aérea

Se determinó muestreando el área de la parte central de 4 m². Las plantas se cortaron en el cuello en el momento de la cosecha, las muestras se deshidrataron en una estufa a 70 °C hasta llegar a peso constante. El resultado se estableció en kilogramos. Los datos se extrapolaron a una hectárea.

Rendimiento de grano

Se determinó muestreando el área de la parte central de 4 m². Una vez cosechados, se separó el grano del olote, las muestras se deshidrataron en una estufa a 70 °C hasta llegar a peso constante, el resultado en kilogramos, se extrapolo a una hectárea.

Índice de cosecha

Se determinó a partir del peso de grano, dividido entre la biomasa aérea de la planta. Se obtuvo a partir del área muestreada de 4 m².

La eficiencia relativa de la tierra (ERT)

Se determinó a través de la siguiente fórmula (Vandermeer, 1989; Malézieux *et al.*, 2009). Una ERT mayor a uno significa que el cultivo intercalado es mejor que el cultivo simple; mientras más alto sea el valor de ERT el cultivo intercalado será más ventajoso.

$$ERT = \frac{\text{Rendimiento de maíz intercalado}}{\text{Rendimiento de maíz monocultivo}} + \frac{\text{Rendimiento de frijol intercalado}}{\text{Rendimiento de frijol monocultivo}}$$

Costo de producción

Se registró el costo de insumos y mano de obra del cultivo; extrapoliándose a una hectárea.

Valor de la producción

Se determinó multiplicando el rendimiento por el precio medio rural y se extrapolo a una hectárea. Para el precio medio rural, se tomó en cuenta el precio de garantía establecido por el Gobierno Federal, de 5.6 pesos para el año 2019 en el periodo de cosecha.

Ingreso neto

Se determinó restando el costo de producción al valor de la producción.

Eficiencia relativa de ganancia

Se determinó a partir de la siguiente fórmula propuesta por Vandermeer (1989).

$$ERG = \frac{\text{Ingreso neto de maíz intercalado}}{\text{Ingreso neto de maíz monocultivo}} + \frac{\text{Ingreso neto de frijol intercalado}}{\text{Ingreso neto de frijol monocultivo}}$$

Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les realizó análisis de varianza y prueba de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) por medio del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivo de maíz

El resultado del análisis de varianza por factor (Cuadro 2) muestra que no se encontró interacción entre factores arreglo topológico - variedad por lo que se analiza el efecto de los factores por separado. Se encontraron diferencias para el factor arreglo topológico en las variables biomasa seca, rendimiento y eficiencia relativa de la tierra. También se encontraron diferencias entre variedades en las variables biomasa seca e índice de cosecha.

Cuadro 1. Resultado del análisis de varianza por factor de estudio, arreglo topológico y variedad

Variable	Media	C.V.	Pr(0.05) >F		
			Arreglo Topológico	Variedad	Arreglo Topológico * Variedad
Biomasa seca (kg)	9.0111	12.12	<.0001	0.0072	0.0365
Rendimiento (kg)	3.1794	10.76	<.0001	0.8980	0.9133
Índice de cosecha	0.3627	9.85	0.2332	0.0092	0.5239
Eficiencia Relativa de la Tierra	1.9189	9.81	<.0001	0.8639	0.9471

C.V. Coeficiente de variación Fuente: datos propios; 2020.

Cultivo de frijol

No se analiza el efecto de los tratamientos en el cultivo de frijol debido a que las plantas no desarrollaron y no fue posible obtener cosecha. El problema observado está relacionado probablemente con las fechas de establecimiento. Para el experimento se establecieron ambos cultivos al mismo tiempo,

antes de las lluvias. Esta situación creó en la parte baja del cultivo de maíz condiciones de exceso de humedad y sombreado para el frijol. Por lo que se recomienda probar un esquema diferente para hacer el cultivo intercalado en el Estado, pudiendo ser una alternativa sembrar el cultivo de frijol en el mes de septiembre.

Se ha observado que la variabilidad de la humedad del suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas, en temporada de lluvias, el agua se acumula en las parcelas y si el terreno no tiene un buen drenaje, se presentan condiciones de anoxia (falta de oxígeno) en el sistema radical. La deficiencia de oxígeno causa una reducción rápida de la absorción de nutrientes y los pelos radicales (responsables de la absorción nutrimental) empiezan a sufrir pudriciones (Intagri, 2013).

Efecto del arreglo topológico

El efecto del arreglo topológico se observa en el Cuadro 3, donde el arreglo topológico intercalado a dos hileras presentó mayor cantidad de biomasa y rendimiento.

Cuadro 2. Biomasa seca y rendimiento de grano en maíz establecido en tres arreglos topológicos.

Arreglo topológico	Biomasa seca (kg)	Rendimiento (kg)
Simple	3 .10 c	1.09 c
Intercalado a una hilera	7.30 b	2.79 b
Intercalado a dos hileras	16.64 a	5.67 a
C.V (%)	12.12	10.76
HDS	1.65	0.5267

Fuente: datos propios; 2020. Media con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ($Pr \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación. HDS.: diferencia significativamente honesta.

El efecto del arreglo topológico para las demás variables se presenta en el Cuadro 4. La eficiencia relativa de la tierra se incrementó más del doble cuando se utilizó el arreglo intercalado a dos hileras.

Cuadro 3. Índice de cosecha, eficiencia relativa de la tierra e ingreso neto obtenido en maíz establecido en tres arreglos topológicos

Arreglo topológico	Índice de cosecha	Eficiencia relativa de la tierra	
Simple		0.35817 a	1.0000 b
Intercalado a una hilera		0.38233 a	1.2817 b
Intercalado a dos hileras		0.34533 a	3.4750 a
C.V (%)		9.85	9.81
HDS		0.0551	0.2902

Fuente: datos propios; 2020. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ($Pr \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación. HDS.: diferencia significativamente honesta.

Los arreglos topológicos (sistemas intercalados) componentes del sistema MIAF, están diseñados para eficientar la producción y obtener altos rendimientos de buena calidad, conforme al arreglo espacial de las especies establecidas (Santiago *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2008). Las ventajas en los rendimientos con este sistema se atribuyen a la eficiencia en el uso de los recursos naturales (agua, luz y nutrimentos).

Los mayores rendimientos y producción de biomasa seca producida en el arreglo a dos hileras (MMFF), respecto del arreglo a una hilera (MFMF) y el cultivo simple, pudieron deberse a la mayor captación de la radiación fotosintética en todo el dosel de la planta. Ya que cuando el agua y los nutrimentos no son factores limitantes en el crecimiento de un cultivo, la radiación solar es el recurso principal que determina su productividad (Hamdollah, 2012).

Albino *et al.*, 2015; Morales *et al.*, 2006 encontraron que los mejores rendimiento y producción de biomasa se presentaron cuando estaba intercalado a doble hilera (MMFF) y lo atribuyeron a la mayor captación de radiación. El arreglo a doble hilera (MMFF) propicia una ventaja a nivel de espacio entre plantas por lo que representa una mejor intercepción de la radiación solar en el dosel de las plantas que se ve reflejado en la mayor biomasa y rendimiento de grano.

En cuanto a eficiencia relativa de la tierra (ERT), los arreglos topológicos intercalados fueron superiores a los monocultivos. Siendo el intercalado a dos hileras más eficiente. Cuando la ERT es menor que o igual a 1, no existen ventajas de la asociación de cultivos sobre la siembra en unicultivo. Sin embargo, cuando el ERT es superior a 1, entonces se requerirá una mayor área de terreno por parte de los unicultivos para lograr el mismo rendimiento que cuando se realiza la siembra combinada. Se han reportado valores para la eficiencia relativa de a tierra en cultivos de maíz a doble hilera de 1.12 (Albino *et al.*, 2015), 1.29 (Albino *et al.*, 2016), 1.38 (González, 2001) y 3.0 (Morales, 2006) respectivamente. En este caso el valor de 3.4 puede ser debido a la falta de competencia por el cultivo intercalado que se perdió.

Efecto de la variedad

El resultado de la prueba de medias para el efecto de las variedades en biomasa seca producida y rendimiento de grano se presenta en el Cuadro 5. Se observa que la variedad 2 produjo mayor cantidad de biomasa seca, sin embargo, no existieron diferencias en el rendimiento de grano entre variedades.

Cuadro 4. Biomasa seca y rendimiento de grano obtenido en el cultivo de dos variedades de maíz

Variedades	Biomasa seca (kg)	Rendimiento (kg)
Variedad 2	9.83 a	3.19 a
C.V. (%)	12.12	10.76
HDS	1.1020	0.3512

Fuente: datos propios; 2020. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ($Pr \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación. HDS.: diferencia significativamente honesta.

El crecimiento es altamente dependiente de la radiación que el follaje pueda interceptar y de la eficiencia de conversión de ésta en materia seca, que a su vez depende de los recursos disponibles y del genotipo. En el caso de la variedad 2 la cantidad de biomasa producida fue mayor que la variedad 1, por lo que esa variedad tiene mayor eficiencia fotosintética.

La mayor producción de biomasa depende de las características genéticas de las variedades, combinadas con los factores ambientales. Así, Jiménez *et al.* (2005); Hernández y Soto (2013) explican que la producción de materia seca es el resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la cantidad de radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el índice de área foliar, la arquitectura de la planta, la respiración, entre otros, lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo.

La planta de maíz es muy eficiente en la producción de biomasa. Esta alta capacidad de producción se debe, entre otros factores, a una elevada tasa fotosintética, a un bajo valor energético de la materia seca producida y a una adecuada estructura de cultivo. Al igual que en la mayoría de los cultivos, en maíz existe una estrecha relación entre rendimiento y producción de biomasa, la cual depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada. El maíz por su sistema fotosintético (C4) es muy eficiente para convertir radiación en biomasa (Andrade, 1995).

Velásquez (2020) encontró que el mayor rendimiento de poblaciones de maíz en comparación con otras especies fue debido a la mayor producción de biomasa derivada también de su mayor capacidad fotosintética asociado a su tipo de metabolismo.

Aunque la variedad 2 presentó mayor cantidad de biomasa en comparación con la variedad 1, no se reflejó en el rendimiento de grano, ambas variedades presentaron rendimientos similares, esto se debe a que la distribución de biomasa es característico de cada genotipo (Elizondo, 2011). Esta mayor producción de biomasa seca puede ser utilizada en la alimentación del ganado; dentro de las características deseables para un maíz forrajero se consideran la alta producción de biomasa seca e índice de cosecha (Tóala, 2008).

López (2011) explica que el rendimiento de grano esta positivamente asociado a la producción de biomasa (esto es, a mayor producción de biomasa mayor rendimiento de grano); al encontrar en sus resultados de investigación que genotipos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) produjeron mayor cantidad de biomasa y por consiguiente tuvieron mayor rendimiento de grano. Los resultados de esta investigación difieren un poco al no encontrar una relación positiva de la biomasa con el rendimiento de grano.

El efecto de las variedades, para las variables índice de cosecha y eficiencia relativa de la tierra. Se puede observar en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Índice de cosecha y eficiencia relativa de la tierra obtenido en el cultivo de dos variedades de maíz

Variedad	Índice de cosecha	Eficiencia Relativa de la tierra
Variedad 1	0.3881 a	1.9111 a
Variedad 2	0.3358 b	1.9267 a
C.V. (%)	9.82	9.81
HDS	0.0365	0.1935

Fuente: datos propios; 2020. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación. HDS.: diferencia significativamente honesta.

La variedad 1 presentó mayor índice de cosecha que la variedad 2. El rendimiento del maíz depende de la cantidad de biomasa que se distribuye al grano. Esto se refleja en el índice de cosecha (IC) que es la masa de grano como proporción del total de biomasa que el cultivo tiene sobre la tierra. La diferencia entre variedades sobre la variable índice de cosecha podría deberse al comportamiento a nivel fisiológico de cada uno de los genotipos. La diferencia en el índice de cosecha es debido a las diferencias en la distribución de fotosintatos a los órganos. El índice de cosecha es también altamente sensible a factores ambientales como la temperatura y a las condiciones que reducen la cantidad de materiales asimilados por la planta cuando se inicia el proceso reproductivo (Lafitte, 2001).

Efecto de los tratamientos

El resultado del análisis de varianza de dos variedades de maíz establecidas en tres arreglos topológicos (Cuadro 7), muestra que se encontraron diferencias significativas para las variables: biomasa seca, rendimiento y eficiencia relativa de la tierra.

Cuadro 7. Resultado del análisis de varianza de dos variedades de maíz establecidas en tres arreglos topológicos

Variable	Media	C.V.	Pr>F
Biomasa seca (kg)	9.0111	11.91	<.0001
Rendimiento (kg)	3.1794	10.76	<.0001
Índice de cosecha	0.3628	9.85	0.0635
Eficiencia Relativa de la Tierra	1.9189	9.82	<.0001

Fuente: datos propios; 2020.

C.V.: coeficiente de variación.

El resultado de la prueba de medias para biomasa seca y rendimiento de dos variedades de maíz establecidas en tres arreglos topológicos se puede observar en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Biomasa seca y rendimiento de grano de dos variedades de maíz establecido en tres arreglos topológicos

Tratamiento		Biomasa seca (kg)	Rendimiento (kg)
Cultivo simple	Variedad 1	3.0167 d	1.1100 c
Cultivo simple	Variedad 2	3.1733 d	1.0667 c
Intercalado a un surco	Variedad 1	6.7800 c	2.7267 b
Intercalado a un surco	Variedad 2	7.8267 c	2.8433 b
Intercalado a dos surcos	Variedad 1	14.7867 b	5.6700 a
Intercalado a dos surcos	Variedad 2	18.4833 a	5.6600 a
C.V. (%)		12.12	10.76
HDS		2.9425	0.9378

Fuente: datos propios; 2020. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación. HDS.: diferencia significativamente honesta.

El arreglo topológico intercalado a dos surcos combinado con la variedad 2 produjeron mayor cantidad de biomasa seca; en cambio para la variable rendimiento el arreglo topológico intercalado a dos surcos independientemente de las variedades (1 o 2) produjo mayor rendimiento en comparación con los demás tratamientos.

El resultado de la prueba de medias en el cultivo de dos variedades de maíz establecido en tres arreglos topológicos para las variables índice de cosecha y eficiencia relativa de la tierra se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Índice de cosecha, eficiencia relativa de la tierra e ingreso neto obtenido en el cultivo de dos variedades de maíz establecido en tres arreglos topológicos

cosecha	de la tierra		
Cultivo simple	Variedad 2	0.3400 a	1.0000 b
Intercalado a un surco	Variedad 1	0.3867 a	1.2533 b
Intercalado a un surco	Variedad 2	0.3067a	1.3100 b
Intercalado a dos surcos	Variedad 1	0.4033 a	3.4800 a
Intercalado a dos surcos	Variedad 2	0.3633 a	3.4700 a
C.V. (%)		9.82	9.81
HDS		0.098	0.5168

Fuente: datos propios; 2020. Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación. HDS.: diferencia significativamente honesta.

Se observan que para las variables eficiencia relativa de la tierra e ingreso neto, el arreglo topológico intercalado a dos surcos, independientemente de la variedad (1 o 2) fue superior a los demás tratamientos.

El arreglo topológico intercalado a dos surcos ha demostrado ser superior para las variables evaluadas en este trabajo. Así, el arreglo intercalado a doble hilera (MMFF) resultó ser el más eficiente, debido a que presenta una mejor ventaja a nivel de espacio entre plantas; porque proporciona mejor intercepción de la radiación solar en el dosel de las plantas y con ello un mejor aprovechamiento (Albino et al., 2015). El genotipo de la planta juega un papel fundamental en combinación con el arreglo topológico intercalado a doble hilera. Ya que la productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos (Cantarero *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

En el caso de maíz, el arreglo topológico a doble hilera es el más eficiente para la captación de luz por el dosel de la planta y permite obtener mayor producción de biomasa y rendimiento de grano e incrementa la eficiencia relativa de la tierra.

El genotipo utilizado es importante en el sistema de producción, la variedad de maíz afectó la biomasa seca producida y el índice de cosecha.

El microclima, especialmente las condiciones de alta humedad a la altura del cultivo de frijol dañaron las plantas y se perdió la cosecha, por lo que es necesario probar otros sistemas de asociación de cultivo, utilizando otras variedades de maíz o frijol o incluso probando otras especies asociadas al maíz, que resistan las condiciones de alta humedad.

LITERATURA CITADA

- Albino G, R.; Turrent F, A.; Cortés F, J.; González E, A.; Mendoza C, M.; Volke H, V. y Santiago M, H. (2016). Optimización económica de N, P, K y densidades de plantación en maíz y frijol intercalados. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (5), 993-1004.
- Albino G, R.; Turrent F, A.; Cortés F, J.; Livera M, M., y Mendoza C, M. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalado. *Agrociencia*, 49 (5), 513-531.
- Andrade F, H. (1995). Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 41(1), 1-12.
- Cadena I, P.; Camas G, R.; López B, W.; del Carmen López G, H.; y González C, J. H. (2018). El MIAF, una alternativa viable para laderas en áreas marginadas del sureste de México: caso de estudio en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1351-1361.
- Cantarero M, G.; Luque S, F. y Rubiolo O, J. (2000). Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). *Revista AgriScietia*, 17, 3-10.

Cortés F, J. I.; Turrent F, A.; Díaz V, P.; Claro C, P.; Hernández R, E.; Aceves R, E. y Mendoza R, R. (2007). La milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) una tecnología multiobjetivo para las pequeñas unidades de producción. *Desarrollo agropecuario forestal y pesquero. Agenda para el desarrollo*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF Coordinador José Luis Calva, 105.

Cotler A, H. Y Cuevas F, M. L. (2017). Estrategias de conservación de los suelos en agroecosistemas de México. Recuperado el día 19 de febrero de 2019 de: <https://www.centrogeo.org.mx/archivo/archivo-comunicacion/comunicacion-libros/275-estrategiasde-conservacion-de-suelos-en-agroecosistemas-de-mexico/file>

Espinoza H, O.; Galán Á, L. Y Toledo E, T. (2017). Evaluación de cultivos de ciclo corto en rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en México utilizando IET. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 7–13.

Espinoza S, M. A. 2014. Cuamil o coamil: autoproducción agrícola de baja escala. Disponible en línea: <https://manuelantonioespinoza.wordpress.com/2014/06/28/cuamil-o-coamil-autoproduccionagricola-de-baja-escala/> consultado el día 30 de marzo del 2019.

González T, L. J. (2001). Efecto de diferentes arreglos topológicos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y el uso equivalente de la tierra. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua). Facultad de Agronomía.

Hamdollah, E. 2012. Intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and mungbean (*Vigna radiata*): effect of of intercrop components on resource consumption, dry matter production and legumes forage quality. *J. Basic Appl. Sci.* 2: 355-360.

Hernández C, N. Y Soto C, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24-29. Recuperado el día 23 de mayo de 2020, de en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000200004

INTAGRI. 2013. Efectos del Exceso de Humedad del Suelo en el Sistema Radical y Absorción de Nitrógeno en el Maíz. *Artículos Técnicos de INTAGRI*. Consultado el 24 de mayo de 2020, disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/exceso-humedad-del-suelo-en-sistemaradical>.

Jiménez A, M.; Farfán F. Y Morales C. (2005). Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* empleadas como abonos verdes en cafetales.

López C, C. (2011). Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 907918.

Lafitte H, R. (2001). Fisiología del maíz tropical. En: *El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y*

Producción. J. P. Marathée (Coor.) No. 28). FAO. Recuperado el 23 de mayo de 2020, de <http://www.fao.org/3/x7650s00.htm#toc>

Morales E, J.; Escalante E, J., A.; Tijerina C, L.; Volke H, V. Y Sosa M, E. (2006). Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra latinoamericana*, 24(1), 55-64.

Malézieux E.; Crozat Y.; Dupraz C.; Laurans M.; Makowski D.; Ozier-Lafontaine H.; Rapidel B.; Tourdonnet S.; Valantin-Morison M.; 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, taldos and models. *A review. Agron. Sustain. Dev.* 29:43-62.

Rezaei Ch, E.; Dabbagh A.; Shakiba M, R.; Ghassemi G, K.; Aharizad S. Y Shekari F. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba vean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *Afr. J. Agric. Res.* 6(7):1786-1793.

Santiago M, E.; Cortés F, J., I.; Turrent F, A.; Hernández R, E. Y Jaen C, D. 2008. Calidad del fruto de duraznero en el sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales en laderas. *Agric. Tec. Mex.* 34: 159-166.

Tóala M, E. (2008). Dinámica de la distribución de la biomasa de híbridos comerciales de maíz. Tesis de licenciatura en ingeniero agrónomo. División de carreras agronómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio narro unidad laguna.

Torres J, Z.; Cortés F, J.; Turrent F, A.; Hernández R, E. Y Muratalla L, A. (2008). Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalado con milpa. *Terra Latinoam.* 26: 265-273.

Turrent F, A., Cortés F, J., Espinosa C, A., Hernández R, E., Camas G, R., Torres Z, J., y Zambada M, A. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México?. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (5), 1169-1185.

Turrent A.; Wise T, A.; y Garvey E. (2012). Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz en México [Reporte 24 de Mexican Development Research Reports].

Velázquez G, D. K. (2020). Estudio de la asociación maíz palomero (*Zea mays everta*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) como alternativa de producción en Toluca, México.

Vandermeer J, H. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press. Australia. 237 p.

Capítulo VI

Disraeli Eron Moreno Guerrero¹, Libia Iris Trejo Téllez²,
Sara Monzerrat Ramírez Olvera³, María Guadalupe Peralta Sánchez²

EVALUACIÓN DE LA COMPLEMENTACIÓN DE LA NUTRICIÓN VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN TRADICIONAL DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CRIOLLO EN LA SIERRA NORORIENTAL DE PUEBLA

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de estudiar el efecto de diferentes fertilizantes como complemento en la nutrición vegetal del cultivo de maíz criollo de temporal. Se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con 16 tratamientos, dichos tratamientos evaluados fueron T1. Testigo Local 1 con dosis de 20 g, T2. Testigo Local 2 con dosis de 20 g, T3. Testigo Comercial 1 con dosis de 20 g, T4. Testigo Comercial 2 con dosis de 20 g, T5. Mezcla 1 con dosis de 20 g y 2 mL L⁻¹, T6. Mezcla 2 con dosis de 20 gr y 3 mL L⁻¹, T7. Mezcla 3 con dosis de 20 g y 4 mL L⁻¹, T8. Mezcla 4 con dosis de 20 g y 2 mL L⁻¹, T9. Mezcla 5 con dosis de 20 g y 3 mL L⁻¹, T10. Mezcla 6 con dosis de 20 g y 4 mL L⁻¹, T11. Mezcla 7 con dosis de 20 g y 2 mL L⁻¹, T12. Mezcla 8 con dosis de 20 g y 4 mL L⁻¹, T13. Mezcla 9 con dosis de 20 g y 6 mL L⁻¹, T14. Mezcla 10 con dosis de 20 g y 1 mL L⁻¹, T15. Mezcla 11 con dosis de 20 g y 2 mL L⁻¹, T16. Mezcla 12 con dosis de 20 g y 3 mL L⁻¹. Los tratamientos evaluados mostraron diferencias en el crecimiento de plantas de maíz, así como en las características de la mazorca.

ABSTRACT

The present research had the objective of studying the effect of different fertilizers as a complement in the plant nutrition of the cultivation of seasonal corn. A completely randomized block experimental design with 16 treatments was established, these treatments evaluated were T1. Local Control 1 with

¹Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo,

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Correo electrónico: eron151988@gmail.com; tlibia@colpos.mx; ramirez.sara@colpos.mx; mgperalta@colpos.mx

dose of 20 g, T2. Local Control 2 with 20 g dose, T3. Commercial Control 1 with doses of 20 g, T4. Commercial Control 2 with doses of 20 g, T5. Mix 1 with doses of 20 g and 2 mL L⁻¹, T6. Mix 2 with doses of 20 gr and 3 mL L⁻¹, T7. Mix 3 with doses of 20 g and 4 mL L⁻¹, T8. Mix 4 with doses of 20 g and 2 mL L⁻¹, T9. Mix 5 with doses of 20 g and 3 mL L⁻¹, T10. Mix 6 with doses of 20 g and 4 mL L⁻¹, T11. Mix 7 with doses of 20 g and 2 mL L⁻¹, T12. Mix 8 with doses of 20 g and 4 mL L⁻¹, T13. Mix 9 with doses of 20 g and 6 mL L⁻¹, T14. Mix 10 with doses of 20 g and 1 mL L⁻¹, T15. Mix 11 with doses of 20 g and 2 mL L⁻¹, T16. Mix 12 with doses of 20 g and 3 mL L⁻¹. The growth variables were affected by treatment 7, generating an alternative in corn plant nutrition. The evaluated treatments showed differences in the growth of corn plants, as well as in the characteristics of the ear

Palabras clave: Maíz criollo, temporal, nutrición vegetal, fertilizantes.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz tuvo su origen en América central, y especialmente en México, de donde se difundió hasta el norte (Canadá) y hacia el sur (Argentina). La evidencia más antigua de la existencia del maíz es de 7,000 años de antigüedad, misma que fue encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (FAO, 1993). Su migración explica la gran diversidad de razas, variedades, colores y tamaños del maíz, así como su capacidad para adaptarse a diferentes climas y condiciones (PRONASE, 1994). En México se conocen 42 razas de maíz, dentro de las cuales, se presentan las variedades “criollas”, que son resultado de la manipulación tradicional de los campesinos y de la variabilidad ambiental presente en los numerosos nichos ecológicos en que se cultiva, dando como resultado la diversidad del maíz existente, debido a la selección y acumulación de factores genéticos específicos a cada nicho, reunidos a través de periodos de selección realizada y por el ambiente mismo, lo que contribuye a la conservación y a la generación de la diversidad genética del cultivo, llegando a formarse nuevos tipos, variedades o razas (Herrera *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2004; PRONASE, 1994). En muchas regiones de México, los agricultores que cultivan variedades locales o criollas de maíz (*Zea mays* L.) en forma tradicional, contribuyen a la conservación y a la generación de la diversidad genética del cultivo. Los productores tradicionales mantienen las variedades locales al reproducirlas de una generación a otra y llegan a formarse nuevos tipos, variedades o razas (Herrera *et al.*, 2004). El Estado de Puebla aún sigue existiendo un predominio de variedades de grano blanco, aunque las de color siguen conservándose, debido a que algunas de ellas son consideradas como las más adecuadas para un uso en particular (SAGARPA, 2001; Álvarez *et al.*, 2004). Entre las razones por las cuales se siguen utilizando las variedades criollas, en la región de Puebla, los agricultores mencionan la adaptabilidad a la zona, mayor rendimiento del grano que las variedades mejoradas, por tradición familiar, y el hecho de que al sembrar dichas variedades se asegura en cierta medida el abasto de maíz para todo el año (Gil, *et al.*, 2003; Álvarez *et al.*, 2004). Dentro de las diferentes razas mexicanas, existe lo que se conoce como “variedades criollas”, que son resultado de la manipulación tradicional de los campesinos. La gran importancia del maíz para México, y la aún creciente demanda de maíz en el país, subrayan la urgencia de analizar posibles fuentes de crecimiento de la producción de maíz

y de determinar cómo las instituciones nacionales de investigación y extensión pueden promover los cambios tecnológicos necesarios para mejorar esa producción (Hibon, 1992). Chauvet (2002) indica que la producción en tierras de temporal es mayormente de semillas criollas, las cuales se adaptan a diferentes ambientes y alturas. Quienes producen bajo estas condiciones son campesinos de escasos recursos, con mínimos apoyos gubernamentales e insuficiente asesoría técnica, que repercute en bajos rendimientos por hectárea; a nivel nacional no llega ni a las dos toneladas y media por hectárea. A estas carencias hay que agregar que la baja productividad proviene de problemas agronómicos, como son la nutrición vegetal, las plagas y enfermedades tanto en campo como en almacenamiento, así como inclemencias climáticas, que su situación les impide enfrentar. La presente investigación se realizó con la hipótesis de que la aplicación de fertilizantes en suelo y foliares generará un efecto positivo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) criollo de temporal sobre las variables fisiológicas de crecimiento y nutrimentales en la Sierra Nororiental de Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo de febrero a septiembre del año 2020 en campo agrícola denominado “Cuauteno” ubicado en Ahuacatlán, Puebla, localizado a 19°53'32" de latitud norte, 97°33'21" de longitud oeste, a una altitud de 2060 m. De acuerdo con García (1988) el clima reportado para la estación Zacapoaxtla, Puebla es templado húmedo con abundantes lluvias en verano (51%), templado húmedo con lluvias todo el año (26%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (11%), semicálido húmedo con lluvias todo el año (10%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (2%). La precipitación media anual es de 1400 mm.

Suelos

Luvisol (93%).

Características generales

Los luvisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico. Los luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación con bases a ciertas profundidades. Muchos luvisoles son o fueron conocidos como suelos texturales-metamórficos.

Descripción resumida de luvisoles

Suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y saturación con bases a alguna profundidad; del latín luere, lavar.

Material parental

Una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo till glaciario, y depósitos eólicos, aluviales y coluviales.

Ambiente

Principalmente tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas con estación seca y húmeda marcadas.

Desarrollo del perfil

Diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un bajo contenido en el suelo superficial y un contenido mayor en el subsuelo sin lixiviación marcada de cationes básicos o meteorización avanzada de arcillas de alta actividad; los luvisoles muy lixiviados pueden tener un horizonte eluvial álbico entre el horizonte superficial y el horizonte subsuperficial árgico.

Andosol (6%)

Características Generales

Los Andosoles acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo.

Descripción resumida de andosoles

Típicamente, suelos negros de paisajes volcánicos; del japonés an, negro, y do, suelo.

Material parental

Vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicato.

Ambiente

Ondulado a montañoso, húmedo, y regiones árticas a tropicales con un amplio rango de tipo de vegetación.

Desarrollo del perfil

La meteorización rápida de vidrios o eyecciones volcánicas resulta en la acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento como alofano, imogolita y ferrihidrita. La meteorización ácida de otro material rico en silicato en climas húmedo y perhúmedo también lleva a la formación de complejos órgano-minerales estables.

Material vegetal

Se utilizó semilla de maíz criollo (endémico) de la región. Esta variedad criolla fue seleccionada debido a que, desde años pasados, y aun actualmente ha sido ampliamente utilizado de manera tradicional en la sierra nororiental del Estado de Puebla, particularmente en zonas de alta marginación.

Establecimiento de los sistemas de producción

Se estableció un sistema de producción tradicional de maíz de temporal en una zona con relieve pronunciado en una superficie de 896 m².

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), teniendo un experimento con 16 tratamientos, 4 de ellos testigos con 15 repeticiones cada uno y los 12 restantes con 10 repeticiones, en una modalidad de sistemas de producción tradicional de maíz estimando un total de 180 unidades experimentales. La unidad experimental fue una planta de maíz establecida directamente sobre el suelo en un sistema de producción de temporal.

Manejo del experimento

La nutrición de las plantas de maíz se realizó durante la labor de siembra con la aplicación de fertilizantes al suelo que serán 1) Fosfato Diamónico (NH₄)₂HPO₄) 18 46 00 (DAP), 2) Cloruro de Potasio (KCl) y 3) Sulfato de Amonio (NH₄)₂SO₄; mismos que se aplicaron en forma de mezcla o de manera individual dependiendo del tratamiento que correspondió. La siembra consistió en establecer 16 surcos de 100 plantas de maíz cada uno, teniendo una distancia entre surco y surco de 70 cm y entre planta y planta de 80 cm generando a su vez una densidad poblacional de 1600 plantas y posteriormente se aleatorizaron de dicha densidad poblacional 180 plantas que fungieron como unidades experimentales y a su vez como determinados tratamientos. Una vez realizada la labor de siembra de maíz, a los 30 días después, se aplicó mensualmente hasta su cosecha una fertilización foliar donde se utilizaron los productos BayfolanForte®, Zeaton®, Growdfeed®, Ultrasolmicromix® a determinadas dosis según correspondió el tratamiento a evaluar. Se realizaron mediciones de pH y CE mensualmente. Para la medición de pH, se emplearon diferentes medidores tales como barras indicadoras de pH, potenciómetro combo de la marca HANNA®, se empleó también un medidor de pH y C.E. de la marca OAKTON® y se llevaron a cabo los ajustes necesarios con ácido fosfórico (H₃PO₄) al 85 %. Consiguientemente se realizó la primera toma de datos de las variables de crecimiento a los 30 días después de la siembra, y posteriormente de manera mensual hasta el proceso de cosecha comercial.

Control fitosanitario

Durante el desarrollo del maíz (*Zea mays* L.) fue necesario la aplicación preventiva de ciertos plaguicidas.

Tabla 1. Aplicación de plaguicidas en el experimento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en Ahuacatlán, Puebla, México

Producto	Dosis	Casa comercial	Ingrediente activo	Organismo plaga objetivo
Palgus®	75–100 mL/ Ha	Dow AgroSciences	Spinetoram	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)

Tratamientos

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados a plantas de maíz (*Zea mays* L.), producidas en Ahuacatlán, Puebla, México.

Número	Tratamiento	Dosis
T1	Testigo Local 1 (FS 1)	20 g / planta
T2	Testigo Local 2 (FS 1)	20 g / planta
T3	Testigo Comercial 1 (FS1 + FS2 + FS3)	20 g / planta
T4	Testigo Comercial 2 (FS1 + FS2 + FS3)	20 g / planta
T5	Mezcla 1 (FS1 + FS2 + FS3+ FF1)	20 g - 2 mL / L
T6	Mezcla 2 (FS1 + FS2 + FS3+ FF1)	20 g - 3 mL / L
T7	Mezcla 3 (FS1 + FS2 + FS3+ FF1)	20 g - 4 mL / L
T8	Mezcla 4 (FS1 + FS2 + FS3+ FF2)	20 g - 2 mL / L
T9	Mezcla 5 (FS1 + FS2 + FS3+ FF2)	20 g - 3 mL / L
T10	Mezcla 6 (FS1 + FS2 + FS3+ FF2)	20 g - 4 mL / L
T11	Mezcla 7 (FS1 + FS2 + FS3+ FF3)	20 g - 2 g/ L
T12	Mezcla 8 (FS1 + FS2 + FS3+ FF3)	20 g - 4 g/ L
T13	Mezcla 9 (FS1 + FS2 + FS3+ FF3)	20 g - 6 g/ L
T14	Mezcla 10 (FS1 + FS2 + FS3+ FF4)	20 g - 1 g/ L
T15	Mezcla 11 (FS1 + FS2 + FS3+ FF4)	20 g - 2 g/ L
T16	Mezcla 12 (FS1 + FS2 + FS3+ FF4)	20 g - 3 g/ L

*Fertilizante al suelo (FS)

*Fertilizante foliar (FF)

*FS 1 Fosfato Diamónico (NH₄)₂HPO₄) 18 46 00 (DAP)

*FS 2 Cloruro de Potasio (KCl)

*FS 3 Sulfato de Amonio (NH₄)₂SO₄

*FF 1 BayfolanForte®

*FF 2 Zeaton®

*FF 3 GrowdFeed®

*FF 4 Ultrasolmicromix®

VARIABLES EVALUADAS

Se determinaron las variables fisiológicas de crecimiento altura de la planta (cm), diámetro de tallo, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca, peso fresco de 100 granos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza mediante el procedimiento ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey (Tukey, P≤0.05%), para lo cual se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, Institute, 2006; Cary, NC, USA).

RESULTADOS

La variable altura de planta no se modificó significativamente bajo ningún tratamiento evaluado (Figura 1). Lo cual puede deberse al bajo impacto de los fertilizantes foliares en la altura de planta.

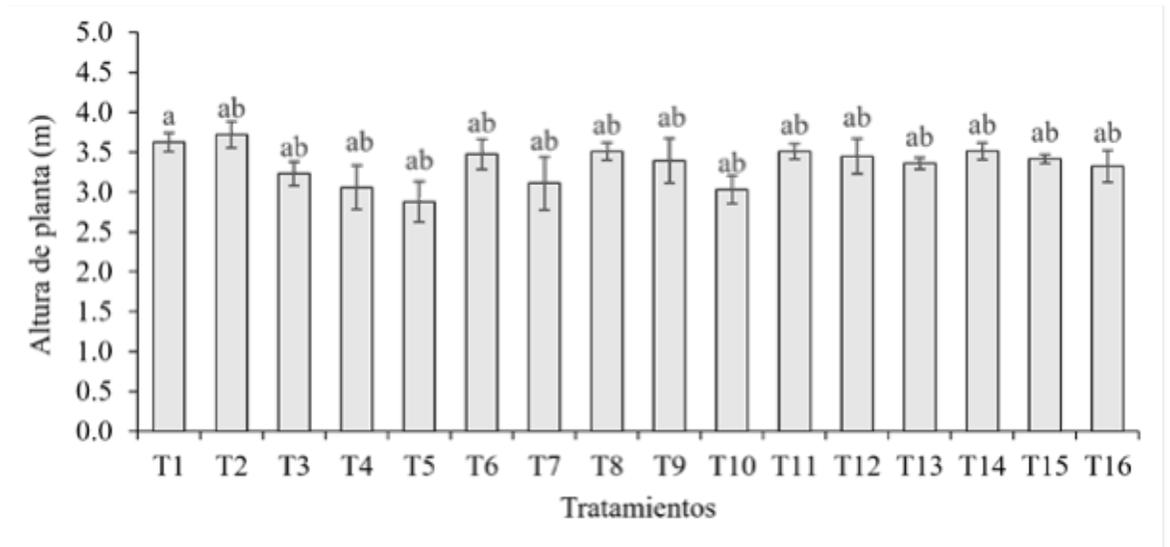


Figura 1. Altura de plantas de maíz evaluadas bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey P ≤ 0.05).

Respecto al diámetro de tallo, los tratamientos 2, 4, 5 y 12 fueron significativamente superiores al tratamiento 14 (Figura 2).

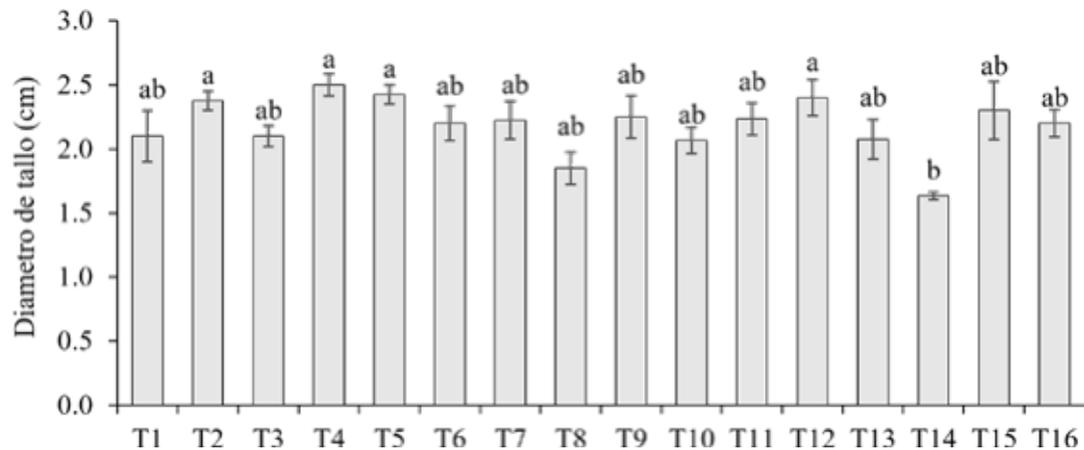


Figura 2. Diámetro de tallo de plantas de maíz evaluadas bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

Tratamientos

La longitud de mazorca únicamente presentó diferencia significativa en el tratamiento 7. Donde dicho tratamiento fue superior en 8.94% (Figura 3).

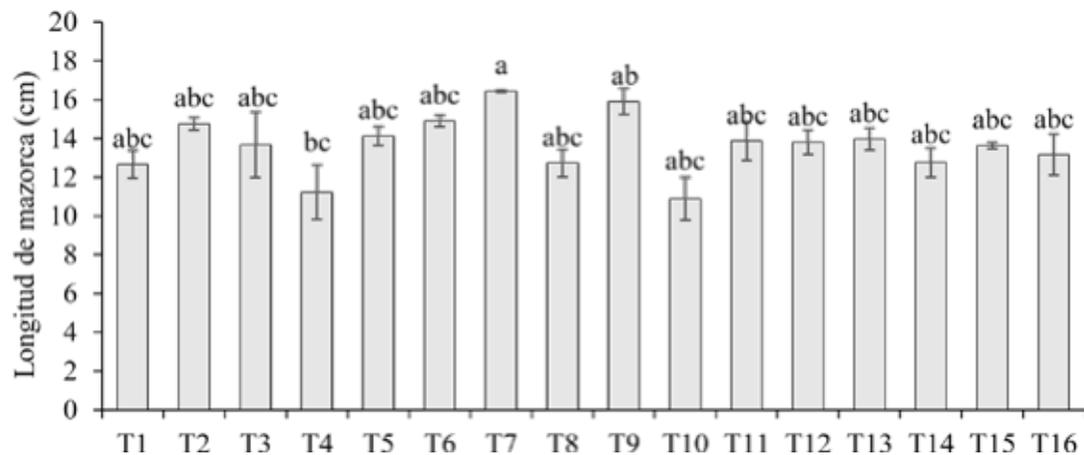


Figura 3. Longitud de mazorca de plantas de maíz evaluadas bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

Tratamientos

De manera similar, el diámetro de mazorca no se modificó en ningún tratamiento evaluado (Figura 4).

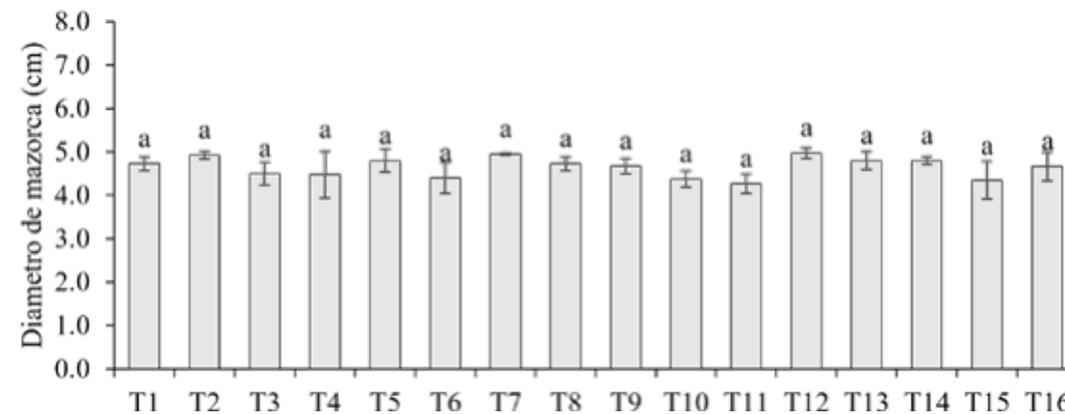


Figura 4. Diámetro de mazorca de plantas de maíz evaluadas bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

Tratamientos

En tanto que el número de hileras por mazorca, fue significativamente menor para los tratamientos 4, 7, 11, 15 y 16, respecto al tratamiento 13 (Figura 5).

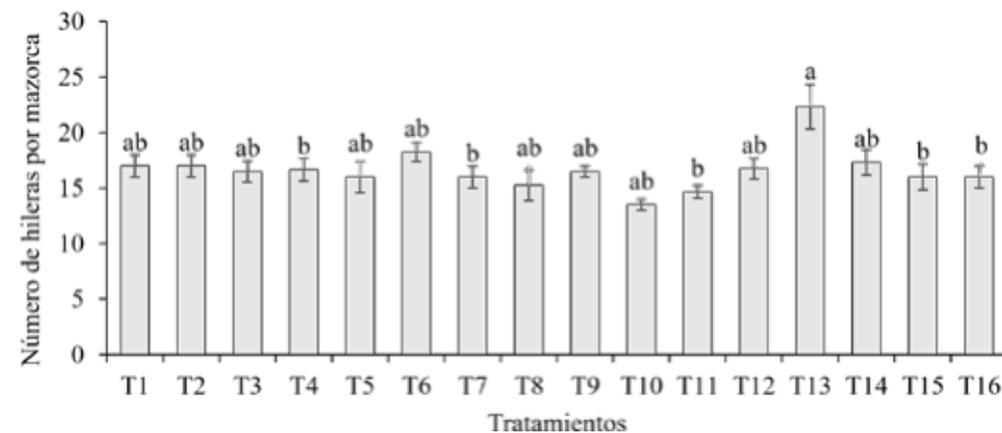


Figura 5. Número de hileras por mazorca de plantas de maíz evaluadas bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

El número de granos por mazorca fue superior en el tratamiento 4, en relación a los tratamientos 1, 3, 8 y 16 (Figura 7).

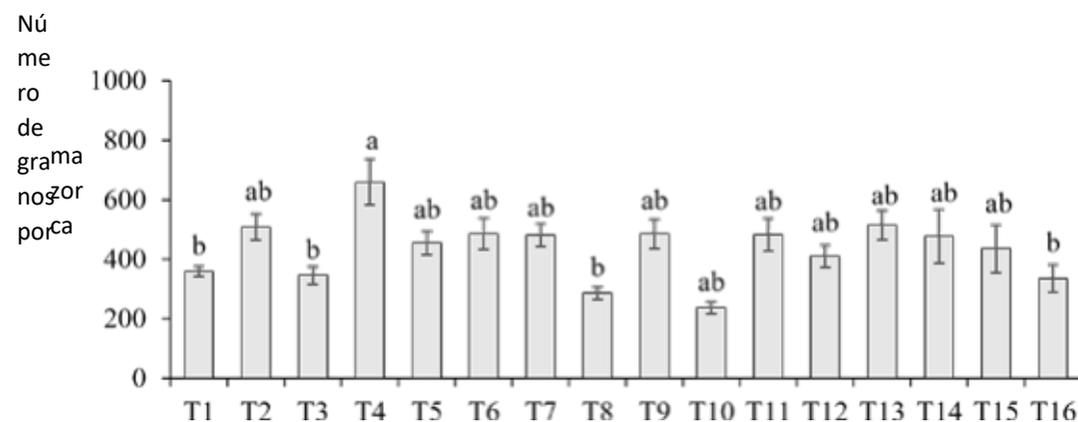


Figura 6. Número de granos por mazorca de plantas de maíz bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias \pm DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

Tratamientos

El peso fresco de 100 granos no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Figura 7).

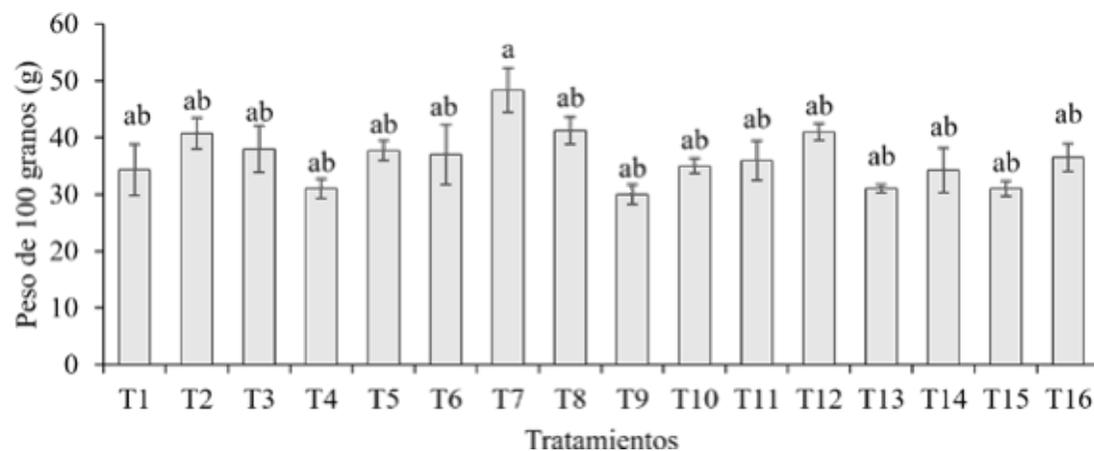


Figura 7. Peso de 100 granos de plantas de maíz evaluadas bajo 16 tratamientos de fertilización

Medias \pm DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La complementación en la nutrición vegetal con fertilizantes en la producción de maíz criollo de temporal cultivados en la región de Ahuacatlán, Puebla, México, no presentó diferencias en la altura de planta, así como las características de mazorca. No obstante, el tratamiento 7, presentó el mayor peso fresco de grano.

Agradecimientos

A las comunidades rurales de Ahuacatlán y El Progreso, Zacapoaxtla, Puebla, México, a la Universidad Autónoma Chapingo y al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, C. N. M.; GIL, M. A.; ALIPHAT, F. M. RAMÍREZ, V. B. Y SANTACRUZ, V. A.; (2004). El Maíz Criollo en los Alimentos Típicos de la Región IztaccihuatlPopocatepetl, Puebla. CECYT, Memorias, Segundo Encuentro de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Agroindustrial en el Estado de Puebla. Puebla, México, pp. 153 - 157.
- CHAUVET, M. (2002). SAGARPA. Efectos de los organismos genéticamente modificados en el maíz criollo. En línea: <http://www.laneta.apc.orq/xilotl/AqendaLocal/oqmymaizcriollo.doc>. Fecha de actualización: Mayo de 2020.
- FAO (1993). El maíz en la nutrición humana. Alimentación y nutrición, No. 25.
- GARCÍA E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4o edición.
- GIL, M. A.; LÓPEZ P. A.; MUÑOS, O. P. Y LÓPEZ S. H.; (2003). Variedades Criollas de Maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Puebla, México: Diversidad y Utilización. *Manejo de la Diversidad Cultivada en los Agroecosistemas Tradicionales. Internacional de Recursos Filogenéticos*. Ed. Chavez-Servia. Cali, Colombia.
- HERRERA C. B. E., CASTILLO G. F., SÁNCHEZ G. J. J., HERNÁNDEZ C. J., ORTEGA P. R. A. Y MAJOR G. M.; (2004). Diversity of chalqueño maize; *Agrociencia*. 38: 191-206.
- HIBON, A., CON LA COLABORACIÓN DE B. TRIOMPHE, M.A. LÓPEZ-PEREIRA Y L. SAAD. (1992). La producción de maíz de temporal en México: Tendencias, restricciones y retos tecnológicos e institucionales para los investigadores. Documento de trabajo de Economía del CYMMYT 92-03. México, D.F.: CYMMYT.

PRONASE. (1994). El maíz, fundamento de la cultura popular mexicana. Ed. Aguilar, S.A. de C.V., México, pp. 10-25.

SAGARPA. (2001). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. México.

SAS Institute Inc. (2006). SAS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 6.10, Cary, NC: SAS Institute Inc.

Capítulo VII

Aurelio Bastida Tapia¹

LA AGRICULTURA PROTEGIDA Y LOS EFECTOS FOMENTADOS POR LAS CUBIERTAS

RESUMEN

Las cubiertas de las estructuras de protección de cultivos determinan una serie de efectos, mismos que debe considerarse para fomentar una buena ambientación interna acorde a las necesidades de los cultivos que se establecerán. Este escrito tiene la finalidad de abordar dichos efectos agrupados en las siguientes categorías; los efectos derivados o relacionados con la lluvia y la humedad ambiental, efectos derivados o relacionados con el manejo de la luz y la energía radiante del sol, efectos derivados y relacionados con el manejo de la temperatura, efectos derivados del movimiento del aire y la temperatura interna, efectos derivados o relacionados con el viento y las corrientes de aire. En la conformación de ellos también interviene el diseño geométrico de las estructuras, los tipos de materiales como cubiertas y sus características. Resultado de ello se determinan los efectos relacionados con la protección de las plantas aspecto que se busca en la agricultura bajo cubiertas.

The protected agriculture and the effects fostered by the covers Summary

The covers used for the structures in the protected agriculture determine different effects that should be considered to achieve the ideal environment for the plants' development, based on the specific needs of the crop to be established. The present text aims to present those effects by classifying them in the following categories: The effects derivatives or related to the rain and environmental humidity, effects derivatives or related to the light and sunlight energy management, effects derivatives and related to the temperature management, effects derivatives or related to the air movement and the temperature inside the structure, as well as the effects derivatives or related to the wind and airflow. Effects that are also influenced by the structures' geometrical design, as well as the covers' material and characteristics. The result of those interactions defines the effects related to the plants' protection, which is the objective of protected agriculture.

Palabras clave: Invernaderos, efectos, agricultura protegida

¹ Profesor Investigador del Área de Agronomía del Departamento de Preparatoria Agrícola y de la licenciatura en Agricultura Protegida, de la Universidad Autónoma Chapingo. Correo: abastidat@chapingo.mx.

INTRODUCCIÓN

En este escrito se abordan los principales efectos propiciados en el ambiente interno de las estructuras utilizadas para proteger cultivos, resultado de colocarles diferentes tipos de cubiertas permeables o impermeables al viento y a la lluvia, combinadas con las características de las instalaciones como la altura, el ancho y su orientación, además de los equipos utilizados para el acondicionamiento y las estrategias de manejo implementadas. Varios de estos efectos los abordan diferentes autores, cuando tratan sobre temas como la luz o en viento, aquí se describen por separado con una finalidad didáctica. El más conocido, de estos cambios en el micro clima interno, es el efecto invernadero otros más son; el efecto sombreado o sombrilla, el efecto impermeable o paraguas, el efecto rompe viento o cortaviento, el efecto barrera, el efecto escudo o pantalla, el aumento de humedad relativa o efecto oasis, el efecto de disminución de CO₂ o efecto de atmosfera enrarecida, el efecto chimenea, el efecto sifón o Venturi, el efecto difusor de la luz, el efecto térmico, el efecto hermetismo, el efecto de distribución diferencial de la temperatura, el efecto vela o empuje, el efecto de condensación del vapor de agua, así como los efectos protección y abrigo. Los cuales se manifiestan en las diferentes estructuras, pero principalmente en los invernaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación “La agricultura protegida y los invernaderos en México”, el cual se ha estado trabajando en los últimos años con miras a publicarlo como libro. El mismo es de carácter teórico, y se realizó mediante una revisión documental sobre los efectos o modificaciones que presentan los elementos ambientales que se conforman en el interior o que proceden del exterior de las estructuras con cubiertas de diferentes tipos que se usan en la agricultura, dependiendo si estas son permeables o impermeables al viento y la lluvia o el grado de transmisión de radiación que permitan ingresar al interior. Aspectos que manifiestan variaciones en las diferentes condiciones climáticas de México. Conocimiento que fue complementado con observaciones de campo, en diferentes regiones con agricultura protegida, tratando de extraer conclusiones mediante un análisis deductivo, sobre la importancia de conocerlas y manejarlas para lograr una mejor ambientación. Aun cuando estas modificaciones o efectos están estrechamente interrelacionados entre sí, aquí se abordan por separado con la finalidad de tratar de explicar la esencia de cada y la importancia de cada uno, así como el papel que representan en el manejo de las estructuras de protección de cultivos. Estos, estos efectos o resultados, se han agrupado en función de los factores y elementos que los propician o determinan.

Efectos y modificaciones ambientales en la agricultura protegida

Los efectos se pueden interpretar como las modificaciones de los factores y elementos que intervienen en el ambiente interno de las estructuras de protección y son los siguientes.

Efectos derivados o relacionados con la lluvia y la humedad ambiental

La lluvia y la humedad ambiental son dos elementos de relevancia en el manejo de los cultivos en agricultura protegida, un mal manejo puede propiciar la aparición de enfermedades, en otros casos la

lluvia resulta importante para aportar humedad a cultivos como las ornamentales tropicales y follajes bajo casas sombra y enmallados.

El efecto paraguas o impermeable

Es el resultado de utilizar cubiertas impermeables a las lluvias y al viento, como películas de diferentes tipos de plásticos y el vidrio. Consiste en impedir la caída de las lluvias sobre los cultivos, evitando daños mecánicos por lluvias torrenciales y granizadas (efecto barrera), además de los ocasionados por las enfermedades propiciadas por la alta humedad relativa y la humedad sobre la superficie de las hojas, aspecto al cual contribuyen las altas temperaturas (Papaseit *et al* 1997; Díaz *et al*, 2001; Tesi, 2001; Castilla, 2005). Para propiciarlo se requiere de estructuras con cubiertas impermeables en techos inclinados para que el agua de la lluvia desaloje hacia las canaletas de desagüe. Propiciar este efecto es un aspecto de importancia en las regiones con alta precipitación, donde se hace necesario desalojar una gran cantidad de agua de las lluvias, ya que la combinación de humedad ambiental y temperaturas altas propician el desarrollo de enfermedades fungosas. Las mallas, de las casas sombra y otros enmallados, no cumplen la condición de impermeabilidad y el agua de la lluvia cae sobre los cultivos mojándolos, en ocasiones determinando condiciones propicias la incidencia de enfermedades en algunos cultivos, mientras que en algunos otros casos el aporte de agua de lluvia tiene un efecto benéfico para el desarrollo de los cultivos, pero no se cumplen con el efecto impermeable.

El aumento de humedad relativa o efecto oasis

Consiste en la generación de un ambiente más húmedo y fresco en el interior de los invernaderos, túneles e incluso casas sombra, con respecto al que se presenta en el exterior.

Es un aspecto directamente relacionado con la transpiración de las plantas, el confinamiento o delimitación de espacios mediante las cubiertas y el manejo de riegos con sistemas de nebulización y micro aspersión. Como resultado aumenta el contenido de humedad en el ambiente interno, situación que contribuye a regular la temperatura, de tal forma que una de las estrategias para limitar las altas temperaturas dentro de las instalaciones, es aportar el agua necesaria para que las plantas traspiren al máximo y reduzcan su temperatura (Castilla, 2005). El mismo efecto se puede propiciar utilizando muros o paneles húmedos en un extremo del invernadero, con extractores en el lado opuesto para sacar el aire caliente (Tesi, 2001). La principal función del agua que ingresa al sistema fisiológico de las plantas consiste en evaporarse para enfriar las hojas, mismas que se calientan resultado del impacto de la radiación solar sobre ellas, necesaria para la fotosíntesis, pero cuando es muy alta para impedir que los tejidos se deshidraten las plantas cierran los estomas ello impide la fotosíntesis, situación que las hojas evitan transpirando la mayor cantidad posible de agua. Este efecto es de mayor importancia en las instalaciones ubicadas en las zonas del trópico seco y zonas áridas, donde se pueden presentar condiciones con humedad relativa baja y altas temperaturas. El aislamiento que aporta la cubierta proporcionar un aumento de la humedad ambiental interna, contribuyendo en la disminución de estrés por transpiración excesiva, con respecto al exterior seco y caluroso.

La condensación del vapor agua y sus efectos

Este efecto es resultado de la alta humedad relativa presente en el interior de estructuras con cubiertas impermeables, como invernaderos, túneles altos y bajos. Consiste en la condensación del vapor de agua, del lado interior de las cubiertas. Este fenómeno se presenta por las mañanas, cuando por las noches, las instalaciones se cierran completamente, entonces el vapor, procedente de la evapotranspiración de las plantas y del piso de las estructuras, se condensa por debajo de las cubiertas, formándose gotas de agua que caen sobre los cultivos, provocando el mojado de las hojas y propiciando la incidencia de enfermedades fungosas. Para evitar este efecto se deben emplear cubiertas con aditivos o tratamientos anti goteo, para evitar que el agua se condense y forme gotas, al propiciar su escurrimiento hacia los lados, donde se recoge en canalillos especiales o para caer fuera del área de cultivo (Díaz, *et al*, 2001; Castilla, 2005). Otra forma de evitar la caída del agua de la condensación, consiste en utilizar estructuras con pendientes pronunciadas en los techos, para propiciar que el líquido de la condensación escurra hacia los lados y no gotee sobre los cultivos.

Efectos derivados o relacionados con el manejo de la luz y la energía radiante del sol La energía radiante, que llega del sol, es fundamental para que los cultivos realicen la fotosíntesis, elaborando materia orgánica que se transforma en los productos vegetales obtenidos.

Efecto sombrilla o sombreo

Consiste en disminuir la cantidad de la radiación solar o luz, que pasa al interior de las instalaciones para proteger cultivos, misma que deberá estar en función de las necesidades que las plantas requieran para realizar la fotosíntesis y otros procesos fisiológicos relacionados con la luz, ya que existen plantas con mayores requerimientos luminosos, mientras que otras son de media sombra, situación en algunos cultivos varía con las etapas fenológicas (Papaseit *et al* 1997; Tesi, 2001; Castilla, 2005). Para el manejo de la luz se debe conocer la cantidad que cada cultivo requiere y en función de ello implementar las estrategias necesarias para garantizar ese nivel de luminosidad. Regular la cantidad de luz se logra mediante el empleo de diferentes tipos de cubiertas opacas, mallas sombra y pantallas térmicas, con diferentes porcentajes de sombreo. La orientación de las estructuras y los materiales de construcción también influyen en la disminución de la iluminación, por lo que se deben analizar las sombra que los diferentes materiales provocaran a lo largo del año. Al reducir la radiación también se reduce la temperatura interna, aspecto que ayuda a disminuir la transpiración excesiva de las plantas. Antes de colocar una cubierta, de cualquier tipo, primero se debe determinar la cantidad de luz que transmitirá hacia el interior de la estructura, así como la cantidad que requiere el cultivo que se manejará dentro de la estructura. También se deberán considerar las temporadas de nublados y los efectos que este sombreo representara en la disminución de la producción. El manejo del efecto sombrilla cobra mayor importancia en las regiones con alta insolación como las regiones de trópicos secos y las zonas áridas, donde la radiación puede ser excesiva para los cultivos durante una buena parte del año y en todas aquellas condiciones con una temporada con temperaturas altas y baja humedad relativa. También es importante disminuir la radiación excesiva en algunos cultivos como plantas de interior o en determinadas etapas de su

desarrollo, por ejemplo, en etapa de plántula, donde requiere de menor cantidad de luz y se hace necesario manejar la radiación a un nivel apropiado. Un caso especial consiste en manejo de la radiación en los invernaderos instalados en lugares por frecuentes nublados por las tardes, pero con días soleados por las mañanas, donde se recomienda orientar los invernaderos en su eje mayor norte – sur, para poner una cubierta más opaca sobre la vertiente oriente, aquella que recibe mayor radiación por la mañana y una más transparente del lado poniente, para contrarrestar los efectos de los días nublados por las tardes. Mención aparte merece el cultivo de plantas como la nochebuena o el crisantemo en los cuales se requiere manejar el fotoperiodo. En el primer caso, se disminuye las horas de luz para que las brácteas de las nochebuenas se tornen del verde al rojo o cualquier otro que sea el color de esa variedad. Para ello se colocan cortinas y dobles capas de con plásticos de color negro. En el caso del crisantemo se hace necesario aumentar las horas de luz mediante el empleo de focos y lámparas eléctricas para propiciar crecimiento vegetativo.

Efecto de difusión o difusor de la luz

La luz difusa es parte de la luz total. Sánchez y Moreno (2017), plantean que la radiación incidente sobre la superficie terrestre tiene dos componentes; directa y difusa. Para una misma intensidad la luz difusa puede ser de entre un 30% a 60% y que es más eficiente en la producción de materia orgánica. Al difundirse la luz se aprovecha más eficientemente, distribuyéndose más uniformemente y evitando la formación de sombras, las hojas reciben luz por todas partes, incluido el envés, por lo tanto, la tasa de fotosíntesis aumenta. Cuando los materiales utilizados en las cubiertas permiten la entrada de la luz directamente, sin ninguna difusión, las hojas de la parte superior pueden dar sombra a las de abajo, con ello se disminuye la tasa de fotosíntesis neta del cultivo. Existen varios materiales, para cubiertas, que se fabrican con un determinado porcentaje de difusión de la luz. En el caso de la producción de hortalizas de fruto, se recomienda que los materiales para cubierta tengan entre un 25% y hasta un 50% de efecto difusor de la luz, de tal forma que al pasar esta al interior de las estructuras no se presenten sombra, incluso puedan minimizarse las sombras que producen partes estructurales voluminosas como las columnas y las canaletas de metal de los invernaderos, con ello se logra minimizar el área de sombreo. Por ellos se hace necesario investigar la cantidad de luz directa y difusa que requieren los cultivos, para un mejor desarrollo de los mismos.

Efecto escudo

Se refiere principalmente a evitar la entrada de los rayos ultravioleta (uv) y los rayos infrarrojos (ir) al interior de los invernaderos. Los primeros contribuyen al envejecimiento de los materiales, los tejidos y las células; mientras los segundos son responsables del aumento de la temperatura, que como se verá más adelante ocasionando el efecto invernadero. Se ha determinado que aproximadamente el 46% de la luz que llega del sol es energía infrarroja o calor responsable del aumento de la temperatura interna, otro 9% es energía ultravioleta y el 45% restante corresponde al espectro visible donde se ubica la radiación fotosintéticamente activa (RFA) (Elías y Castellvi, 2001). Para disminuir el ingreso de la energía ultra violeta se debe hacer uso apropiado de materiales de cubiertas tratados contra rayos ultra violeta o anti uv. Cuando se usan plásticos multicapa se

debe tener cuidado en que la capa que contiene dicho tratamiento quede en el exterior, de forma contraria este efecto se anula o de poco sirve.

Así mismo, para impedir la entrada de la energía calorífica existen plásticos antitérmicos, con aditivos especiales, que reflejan la energía radiante procedente del sol (Díaz, *et al*, 2001). Este efecto está estrechamente relacionado con el efecto sombrilla y también cobra mayor importancia en las épocas y lugares con alta radiación directa.

Efecto espejo o reflejo de luz

El efecto espejo consiste en que parte de la energía radiante, procedente del sol, que incide sobre las cubiertas de plástico o de vidrio, es reflejada debido al ángulo de incidencia de la luz con respecto a las cubiertas, donde rebotan los rayos solares como en la superficie de un lago o de un espejo, reflejo que será mayor en la medida que el ángulo de incidencia aumenta con respecto a la dirección de los rayos del sol. Se plantea que las cubiertas que reciben la luz con un ángulo de 90 grados son las que mejor captan y transmiten esa radiación al interior de los invernaderos. Cuando los rayos del sol llegan inclinados a las cubiertas, una gran parte de ella rebota o se refleja y no ingresa al interior de los recintos. Este efecto disminuye la cantidad de luz total que entra al interior de las estructuras y cobra mayor relevancia en el invierno cuando el sol se ubica muy abajo en el cielo, entonces la misma cantidad de energía se distribuye en una superficie mayor y si parte de ella es reflejada por las cubiertas, pueden presentarse déficits de luz para la fotosíntesis. Este aspecto deberá tomarse en cuenta para el diseño del ángulo de inclinación de las cubiertas y la orientación de las instalaciones. Tiene importancia en el norte de México, donde en invierno los rayos del sol llegan muy inclinados, de forma que las cubiertas se pueden diseñar con un ángulo de inclinación de tal forma que, al interceptar los rayos, sea con un ángulo cercano a los 90 grados, propiciando una mayor captación de energía luminosa.

Efectos derivados y relacionados con el manejo de la temperatura

El calor es el responsable de la temperatura dentro de los invernaderos y otras estructuras de la agricultura protegida, tiene dos orígenes; derivarse de la transformación de la energía radiante del sol a energía calorífica, o generarse mediante sistemas de calefacción. La temperatura es un factor muy importante para un buen desarrollo de los cultivos.

Efecto invernadero o aumento de temperatura

Es el principal efecto dentro de una estructura con cubierta transparente e impermeable, consiste en el aumento de la temperatura interna en algunos grados por arriba de la que se presenta en el exterior. Situación que se origina cuando la energía luminosa, en forma de onda corta, procedente del sol atraviesa la cubierta de la estructura y al impactarse sobre las plantas, el piso y los objetos, se transforma en energía calorífica de onda larga, misma que al ser retenida, en mayor o menor porcentaje, por los diferentes materiales utilizados como cubiertas, calienta los objetos sobre los que se impacta, los que a su vez calientan el aire por irradiación y contacto, aumentando la temperatura

interior a niveles que pueden llegar a ser letales para los cultivos. Este efecto es mayor cuando las cubiertas son impermeables al viento como las películas plásticas, laminas plásticas y láminas de vidrio, siendo menor bajo estructuras que usan mallas y otros materiales permeables al viento (Bastida, 2011). Así, el efecto invernadero es el resultado de dos fenómenos distintos: a) un efecto de abrigo o de confinamiento, derivado de la reducción de los intercambios de aire con la atmósfera exterior, aspecto que es perceptible aún en espacios permeables al viento, como las casas sombra. b) Un efecto de aumento de la temperatura, debido a la existencia de la cubierta permeable o transparente a la energía radiante (visible e infrarroja corta), pero que actúa como una pantalla poco transparente a los rayos infrarrojos largos que emiten el suelo, la vegetación y todos los elementos interiores expuestos a los rayos solares (Castilla, 2005). El manejo de este efecto es de gran importancia en regiones con climas templados y fríos, así como zonas desérticas, donde en invierno se presentan bajas temperaturas, ya que con un manejo apropiado del mismo se puede aumentar la temperatura interna de los recintos propiciando mejores condiciones para el desarrollo de las plantas cultivadas, disminuyendo el gasto de combustible, necesario para calentar los espacios, ya que el aire caliente se puede conservar por más tiempo cerrando el invernadero un poco más temprano, de esta forma se puede convertir en un almacén que guarde calor durante la tarde para usarse por la noche y mantener una temperatura apropiada para los cultivos. El aire caliente se perderá con mayor o menor rapidez dependiendo de factores como la capacidad de las cubiertas para retener la energía infrarroja, el volumen y tamaño de las instalaciones o invernadero, la presencia o ausencia de dobles capas en la cubierta, la hermeticidad con que se cierre para disminuir intercambios con el aire frío del exterior, así como de la temperatura externa. Por el contrario, en los climas tropicales, donde la temperatura ya de por sí es alta, este efecto resulta negativo al provocar aumentos de temperaturas por arriba de las que puedan soportar los cultivos, en estas condiciones se requiere de estructuras con mucha ventilación y la implementación de sistemas alternativos de enfriamiento, así como el uso de cubiertas que no permitan el paso de toda la energía calorífica procedente del sol (efecto escudo). La temperatura en el interior de los espacios de cultivo puede manejarse mediante distintos tipos de materiales a usarse en las cubiertas, con diferentes porcentajes de paso de la luz y diversos sistemas de ventilación ubicados estratégicamente o amplios dentro de los invernaderos y túneles altos, sin embargo, en estos últimos se dificulta la ubicación de ventilas.

Efecto hermetismo o hermeticidad

Este efecto consiste en establecer instalaciones con cubiertas impermeables al viento, mismas que por las noches se cierran herméticamente y no permitan el intercambio de aire con el exterior, con la finalidad de mantener la temperatura interna nocturna en los niveles apropiados para los cultivos, con menos aportes artificiales de calor, situación que representara un ahorro en la calefacción (Bastida, 2011). El mismo es importante en las regiones fría, donde por las noches bajan las temperaturas, por abajo del punto crítico para los cultivos. Por el contrario, no es apropiado fomentarlo en condiciones de altas temperaturas nocturnas, como es el caso de los trópicos. Propiciar el efecto invernadero se puede lograr mediante el uso de dobles capas en las cubiertas, con una capa de aire entre ellas, para crear el efecto termo y aumentar la temperatura. También se puede fomentar

utilizando materiales aislantes en las paredes laterales o varias capas de plástico, colocando cortinas que cierren herméticamente las ventilas y tapando bien todos los orificios por donde pueda escapar el aire caliente o entrar aire frío. No se podrán aumentar y mantener la temperatura interna en aquellas instalaciones donde las cortinas no cierren bien, en aquellas que tengan orificios en las cubiertas, estas no serán herméticas aunque utilicen materiales de cubierta con efecto de térmico. Es común el cambiar el plástico de las cubiertas cada dos a cuatro años, en invernaderos de cubiertas plásticas, donde también se cambia el material ubicado por debajo de las ventilas y ponerlo nuevo. La primera observación es que ese espacio casi nunca es importante para el ingreso de la energía radiante responsable de la fotosíntesis y la segunda es que cuando se trata de una sola capa es por donde más se pierde calor al contacto con el aire frío del exterior, sobre todo en las paredes que se orientan hacia el norte o noreste de donde llegan los vientos fríos en el invierno. Por ello, lo más recomendable sería colocar varias capas del plástico de los cambios de cubiertas para minimizar las pérdidas de calor, aumentando la hermeticidad de las estructuras. Este efecto no es posible manejarlos en casa sombra, enmallados y cubierta plásticas sin cerramiento total.

Efecto termo, térmico o retención de calor

Consiste en mantener por más tiempo el aire caliente, en el interior de las estructuras de protección, durante las noches frías, para minimizar los aportes energéticos. Este está estrechamente relacionado con el anterior. Se logra utilizando materiales de cubierta impermeables a la radiación infrarroja, que no permitan que el calor nocturno se salga del interior, lo que también se logra con varias capas y sellando los puntos de intercambio de aire como las ventilas y puertas, además de la necesidad de colocar y reparar las cubiertas impermeables para que no tengan filtraciones o escape de aire. Parte de ese calor es almacenado, durante el día en las plantas, los objetos, la estructura y el piso del invernadero.

Durante la noche ese calor se irradia en forma de energía infrarroja la cual es retenida si el invernadero es hermético y cuenta con cubierta impermeable a ese tipo de energía. Situación que contribuye a mantener una temperatura interna más estable y con menos gasto de combustible. El vidrio es un elemento con excelentes propiedades térmicas. Este efecto es importante en las regiones fría, donde las temperaturas nocturnas caen por debajo del punto crítico para los cultivos. Por el contrario, no es apropiado fomentarlo en condiciones de altas temperaturas nocturnas, como el caso de los climas tropicales y durante las estaciones calurosas del año, en cualquier condición climática donde se establezca la agricultura protegida y la temperatura nocturna exterior se mantenga por arriba de los 18° centígrados. Al seleccionar un material para la cubierta de las estructuras de protección, no se debe olvidar la termicidad y la porosidad al viento que presente ese material, en particular sobre el efecto de retención de radiación infrarroja o calor dentro de las instalaciones.

Efectos derivados del movimiento interno del aire

El comportamiento del aire dentro de las instalaciones determina varios efectos que tienen relación con el movimiento o dinámica de los gases y la temperatura.

Dinámica del aire dentro de las instalaciones

Dentro de las estructuras de protección de cultivos el aire caliente se mueve por convección permitiendo la transmisión del calor de un punto a otro, mediante su desplazamiento de los espacios con temperaturas altas a las zonas con temperaturas bajas, de acuerdo con la primera ley de la termodinámica, que indica que los gases calientes son más ligeros y tienden a elevarse por arriba de los gases de menor temperatura que son más pesados. Esto implica que dentro de un invernadero el aire caliente tiende a concentrarse en la parte alta y a salir por las ventanas cenitales o superiores, cuando éstas existen (Bernat *et al*, 1990). Cuando no hay ventilas en la parte superior, es de esperarse que se forme una “isla o bolsa de calor” en la parte alta que puede calentar a más de 50 grados las piezas de metal, como se ha detectado en forma empírica. El movimiento natural de aire que implica que el aire caliente tiende a subir y el aire fresco, que entra por las ventilas laterales, tiende a ocupare ese espacio, idealmente ocurre en instalaciones angostas y vacías o con cultivos de porte bajo. Por lógica ya no se presenta tal cual en instalaciones muy anchas donde el flujo lateral del aire, a partir de las ventilas perimetrales, se dificulta debido a la mayor distancia por recorrer. Así mismo las instalaciones con cultivos en desarrollo vertical, como jitomate, pimiento pepino, melón o flores de porte alto, formaran barreras que dificultan el flujo del aire en forma normal, sobre todo en aquellas situaciones cuando las líneas de cultivo son perpendiculares a las ventilas laterales. En estas condiciones, el aire del centro de las instalaciones será más caliente que en que se encuentre cerca de las ventilas, determinando un gradiente de menor temperatura cerca de las ventilas y mayor en el centro de las instalaciones, ello determinará espacios o sitios con altas temperaturas en el centro. Para evitar esta situación se recomienda propiciar que el aire del interior este en movimiento constate mediante la instalación de extractores, recirculadores de aire y el establecimiento de los cultivos con las líneas hacia las ventilas y no paralelas a ellas, para que las corrientes de aire fresco, proveniente del exterior, se desplacen entre las hileras de los cultivos.

Distribución diferencial o estratificación de la temperatura

Lo más común es que la temperatura del aire tenga una distribución estratificada en forma vertical y horizontal dentro de las instalaciones, con dos gradientes de temperatura, uno que varía de un mínimo en la parte baja a un máximo en el techo y otros de mayor temperatura en el centro y menor en las orillas cerca de las ventilas. En la parte superior será más caliente, ya que el aire caliente tiende a subir por efecto de una mayor presión abajo y menor arriba, mientras que en la parte baja el aire fresco, que ingresa por las ventilas laterales, reemplaza al aire caliente, como consecuencia de la depresión que se forma al elevarse este y por la presión de las corrientes de viento que entran por las ventilas. En el plano vertical la mayor temperatura se presenta en la parte alta y las menores en las partes bajas. El resultado es una masa de aire caliente en la parte alta de los recintos, con grandes variaciones entre la temperatura de la parte superior del invernadero y el nivel del suelo (Jensen, 2004). En el plano horizontal, generalmente, la temperatura mayor se presenta en el centro de la estructura, mientras los laterales son más frescos por su cercanía a las ventilas. A ello contribuye la disminución de las corrientes del viento por las mallas colocadas en las ventilas y los cultivos, sobre todo por el crecimiento de los cultivos de desarrollo vertical como pimiento, jitomate y pepino,

los cuales forman barreras internas que obstaculizan la circulación del viento. En los cultivos de desarrollo vertical el punto de crecimiento puede ubicarse en temperaturas mayores a las que se presentan más abajo, por lo que pueden presentarse signos de marchitamiento de las hojas tiernas, además de aborto de flores por las altas temperaturas. Por lo general los termómetros se colocan a la altura de la vista de una persona y pocas veces se colocan arriba de dos metros. Para lograr temperaturas homogéneas en el interior de las instalaciones se requiere contar con sistemas eficientes de ventilación natural, con ventilas laterales y ventilas cenitales, con los cultivos alineados a favor del viento y ser instalaciones relativamente angostas para propiciar que las corrientes del viento lleguen al centro de ellas. En estructuras de mayor nivel tecnológico y más anchas se hace necesario ubicar ventiladores, recirculadores y extractores para mover el aire caliente hacia las ventilas donde será desalojado al exterior para permitir la entrada de aire fresco. Así se pueden obtener temperaturas uniformes con el uso de ventiladores horizontales para crear un movimiento lento de la masa de aire. En los invernaderos que contienen plantas altas y follaje denso como rosas, jitomate y pepino, el movimiento del aire se puede lograr mediante ductos de películas plásticas perforadas para mover el aire dentro de las instalaciones (Jensen, 2004).

Efecto chimenea

Consiste en la posibilidad de expulsar el aire caliente, cargado de humedad y escaso en CO_2 , por la parte superior de los invernaderos, mediante diferentes tipos de ventilas cenitales, mientras que por las ventilas laterales ingrese el aire fresco, enriquecido con CO_2 , el cual ayuda a disminuir la temperatura. La explicación radica en que el aire caliente es más ligero que el aire fresco o frío. Así, entre más altas sean las estructuras y más inclinadas las pendientes de los techos, mayor efecto chimenea se logrará (Elías y Castellvi, 2001; Tesi, 2001; Castilla, 2005). Mediante un manejo adecuado de este efecto se ha logrado la construcción de grandes superficies de invernaderos de más de cinco hectáreas bajo una sola cubierta, algunas de las cuales solo funcionan con ventilas cenitales, mismas que se abren y cierran automáticamente permitiendo la entrada y salida de aire por diferencias de presiones, en diferentes lugares. Incluso algunos no cuentan con ventilas laterales. Por ello se recomienda que las instalaciones de protección de cultivos en condiciones climáticas con altas temperaturas, sean altos y angostos para propiciar una buena ventilación natural sin mayor gasto energético (Sánchez, 2007). Cuando los invernaderos no presentan ventilas cenitales, la renovación del aire ocurre por las ventilas laterales. En este caso el aire caliente que se ubica por arriba de las ventilas laterales forma una “isla de calor” propiciando altas temperaturas en la parte superior de los invernaderos, calentado los perfiles de las estructuras, situación que puede cristalizar el plástico de las cubiertas en las áreas que entran en contacto con ellos. Si el punto de crecimiento del cultivo se ubica en esa zona puede deshidratarse por efecto del calor, aun cuando más abajo la temperatura sea la adecuada. A mayor altura del invernadero, mayor será el gradiente térmico, eso quiere decir, que el aire caliente se moverá hacia arriba, permitiendo que el aire en las proximidades del cultivo sea más fresco, por ello se recomienda que los invernaderos tropicales presente sus techos a una altura mínima de seis metros, con alturas máximas de hasta diez metros, dependiendo de la forma del techo y la pendiente del mismo, que están más relacionados con el manejo del agua

de lluvia y la velocidad con que se evacua el agua de la lluvia (http://www.agro-tecnologiatropical.com/movimiento_aire_invernaderos.html, fecha de consulta: 10/07/2014). En todos los casos se recomienda pintar de blanco la parte superior de los arcos y todas las piezas metálicas que estén en contacto con las cubiertas, para evitar el sobrecalentamiento de esas partes, mediante la reflexión de la energía radiante que incide sobre los metales.

Efecto del viento en calma

Este efecto consiste en la disminución gradual o la ausencia de corrientes de aire dentro de los recintos, tanto por el aumento de la distancia a las ventilas laterales, como por los obstáculos que encuentra la circulación del aire debido a los cultivos que actúan como barreos. Diversos autores recomiendan una ventilación del 30% de la superficie cubierta por el invernadero o de 45 a 60 renovaciones del aire por hora. También se ha visto que al colocar malla en las ventilas, se requiere el doble de superficie de ventilación (Castilla, 2005). Ello implica entre el 40% y 50% con respecto a la superficie que ocupa el invernadero, sobre todo cuanto tanto las ventilas laterales como las cenitales sean protegidas con mallas. Para ello los invernaderos deberán ser altos de forma que puedan llevar ventilas perimetrales altas. Esta es la opción recomendada para los invernaderos construidos en regiones tropicales; estructuras altas, con una cubierta impermeable en la parte superior y mallas contra insectos en todos los laterales, para propiciar una mayor ventilación, así mismos se requiere orientar las líneas de cultivo en dirección a los vientos dominantes, para que las corrientes de aire, que entre por las ventilas laterales y circulen entre las líneas de cultivo. Por ello, para obtener una buena renovación del aire se hace necesario un buen diseño de las estructuras, con un sistema de ventilas eficiente que permita el intercambio del aire, así como recurrir a sistemas de ventilación forzada. Como ya se indicó más arriba, una forma de provocar movimiento o corrientes de aire, en el interior de los invernaderos, es mediante extractores, ventiladores y recirculadores de aire, mismo que al ponerlos en marcha generan corrientes de aire de diferentes intensidades.

Efecto atmosfera enrarecida o disminución de CO_2

Las cubiertas impermeables como el vidrio y los plásticos modifican el contenido de los gases atmosféricos, sobre del CO_2 , al impedir la circulación de aire en el interior se agota este elemento necesario para la fotosíntesis. El anhídrido carbónico es un elemento fundamental en la producción de materia orgánica, durante la fotosíntesis y su déficit en el interior de estructuras cerradas es motivo para disminuir la tasa de producción de foto asimilados. Por lo tanto, el movimiento del aire en un invernadero es necesario para la distribución aceptable del este elemento, además de mantener uniforme la temperatura dentro de las zonas de cultivo (Jensen, 2004). Para minimizar la disminución de CO_2 en el interior, se requieren instalar sistemas de ventilación eficiente que permitan renovar continuamente el aire dentro de las instalaciones, principalmente en los invernaderos y túneles altos, con ello aportar el CO_2 necesario para la fotosíntesis, situación que se puede complementar con la orientación apropiada de las líneas de cultivo en función de la dirección de los vientos dominantes. En las estructuras de baja tecnología el CO_2 se aporta principalmente mediante la renovación del aire dentro de las instalaciones, donde el aire caliente y pobre en Bióxido de Carbono será sustituido

por la entrada de aire fresco y con mayor contenido de CO₂. Algunos autores recomiendan recurrir a colocar paja en los pasillos y mojarla con finalidad de que al desintegrarse desprenda algo de CO₂. También se ha recurrido a otros medios como la quema de algunos materiales, pero el humo opaca las cubiertas, además de propiciar otros problemas por la generación de gases tóxicos para los cultivos. En invernaderos de alta tecnología el CO₂ se inyecta en forma de gas o disuelto en el agua de riego y con ello se asegura su abastecimiento continuo, para ello en muchas ocasiones se requiere mantener cerradas las ventilas. La inyección de CO₂ es uno de los elementos que se utiliza para la clasificación tecnológica de los invernaderos.

Efectos derivados o relacionados con las corrientes externas del aire

Son los efectos derivados u ocasionados con las corrientes del viento que inciden sobre las estructuras o que actúan desde el exterior de las instalaciones de protección de los cultivos, estos son los efectos; cortavientos o rompe vientos, efecto barrera, efecto empuje y efecto succión. Mismos que se abordan a continuación.

El efecto cortavientos o rompe vientos

El efecto rompe vientos o corta vientos consiste en disminuir la velocidad y fuerza de los vientos que impactan sobre los invernaderos, túneles, enmallados y cultivos protegidos con barreras rompe vientos, con la finalidad de evitar daños a las plantas como acame, caída de hojas, flores y frutos o deshidratación de los cultivos por transpiración excesiva. Daños a los que están más expuestas las plantas a campo abierto sin ninguna protección. Las cubiertas con que se cubren los invernaderos, las mallas que se colocan en las ventilas, las mallas utilizadas en casas sombra y las mallas o barreras contra viento, disminuyen la velocidad de las corrientes del aire en menor o mayor porcentaje, dependiendo de las características de los materiales, protegiendo a los cultivos que se desarrollan en el interior de las estructuras (Papaseit *et al* 1997; Elías y Castellvi, 2001; Castilla, 2005). Existen regiones donde los vientos fuertes son constantes, por lo que se hace necesario instalar cortinas, pantallas o barreras rompe vientos para proteger las instalaciones de sus efectos, para ello las cortinas o barreras se instalan del lado donde los vientos soplan con mayor fuerza, cortinas que pueden ser con vegetación natural o con mallas rompe vientos. Además, se requiere de la construcción de estructuras robustas y con contravientos con cables y alambres que permitan una mayor fijación de las construcciones al terreno (Elías y Castellvi, 2001; Serrano, 2002; Castilla, 2005). Todas las instalaciones con cubiertas de mallas, plásticos, vidrio o cualquier otro material usado para la protección contra el viento, cumplen con las condiciones de ser una barrera que disminuye la velocidad de las corrientes del viento.

El efecto succión, venturi o sifón

Este efecto se presenta cuando las ventilas cenitales de los invernaderos están orientadas al lado contrario de donde soplan los vientos. Así, cuando la velocidad del viento aumenta, la succión creada por la masa exterior ayuda a sacar el aire caliente de los invernaderos mediante un efecto de sifón

(Castilla, 2005). El Principio de Bernoulli establece que a medida que aumentamos la velocidad de desplazamiento de un fluido, gaseoso o líquido, su presión interna disminuye. Así, cuando el aire está en reposo, la fuerza de expansión que ejerce es igual a la presión atmosférica, pero cuando circula su densidad disminuye y la presión que ejerce es menor que la atmosférica provocando un vacío que origina una succión (Young *et al*, 2009). Por lo anterior, se recomienda que las ventilas cenitales se oriente en sentido contrario a los vientos dominantes, sobre todo los que se presentan en las épocas más calurosas, para propiciar un efecto sifón, mismo que ayudara a expulsar el aire caliente del interior. En caso contrario puede ocurrir que el viento sople sobre las ventilas con tal intensidad o fuerza que impida la salida del aire caliente provocando un efecto tapón. Considerando el efecto sifón, los invernaderos más apropiados son aquellos que cuentan con doble ventila cenital, ya que si el viento sopla de una dirección determinada se cierra esa línea de ventilas y el aire caliente escapa por las ventilas abiertas del lado contrario. Si el viento cambia de dirección se cierra la ventila que estén abierta de ese lado y se abre la del lado contrario.

Efectos empuje y succión

Cuando las estructuras se cubren con cubiertas impermeables, el viento incide directamente sobre ella, ocasionando fuerzas de empuje y succión sobre la misma. El efecto empuje se presenta de lado donde inciden las corrientes de aire, del lado contrario se da un efecto de succión, que puede llegar a desprender las cubiertas. Si la estructura está mal diseñada o mal cimentada, el viento romper o desgarrar el plástico o enchuecar las piezas e incluso puede arrancar las instalaciones de sus bases. La forma de disminuir este efecto es que las instalaciones de protección de cultivos estén cimentadas apropiadamente, orientadas de tal forma que ofrezca la menor superficie al embate de los vientos, así como mediante el diseño de estructuras aerodinámicas que desalojen los vientos que inciden sobre ellas y la colocación de cortinas rompe vientos que disminuyan la velocidad y fuerza de los vientos.

El efecto barrera y su aplicación

Este efecto en muchas circunstancias se combina con el efecto rompe vientos, pero es más amplio. Consiste de una barrera física que impiden la entrada de plagas; como insectos, roedores y aves, al interior de las instalaciones, mediante el uso de mallas y las mismas cubiertas. En parte también se aplica para detener el viento y el granizo; como ya se indicó atrás. De esta forma, las cubiertas, las cortinas y las mallas de las ventilas, aíslan el interior del exterior de los espacios de cultivo protegido, contribuyendo a la protección y sanidad de las plantas (Tesi, 2001). Para ello las estructuras deben contar con cabinas sanitaria, dotadas de un sistema de dos puertas de acceso, laberinto de mallas y tapetes sanitarios, además de reparar las rasgaduras o rupturas que ocurran en los materiales usados en las cubiertas. Así mismo el ingreso a las instalaciones debe estar restringido a solo el personal autorizado e ingresar con la ropa y las medidas de seguridad e higiene adecuadas. Colocar mallas, plásticos o cualquier otra cubierta va a incidir en modificar las condiciones interiores de temperatura, húmedas ambiental, circulación de viento e iluminación.

CONCLUSIONES

- 1) El conocer, analizar y propiciar efectos positivos para ambientar las estructuras de protección de cultivos dará como resultado una buena ambientación interna, donde las plantas encontrarán condiciones óptimas para su desarrollo, aspecto que se busca con el uso de estructuras en la agricultura protegida.
- 2) La protección de los cultivos mediante un buen efecto abrigo son aspectos centrales a lograr dentro de las estructuras de protección de cultivos. En las en las regiones frías se debe generar un efecto de protección de todos los factores, así como un buen efecto abrigo para que las plantas no sufran las consecuencias de las bajas temperaturas del invierno. Por su parte, en regiones tropicales se busca un efecto de protección de los cultivos, sin que los aumentos de temperatura sean excesivos para las plantas.
- 3) Lo anterior implica que el diseño del invernadero y el manejo de los efectos que propician las cubiertas, deberán encaminarse a mejorar las condiciones naturales presentes en una región determinada aprovechando las ventajas que ofrecen las condiciones climáticas de la zona, mejorándolas con un buen diseño y en función de cubrir las necesidades ambientales de los cultivos a establecer.
- 4) El diseño y la construcción de estructuras de protección de cultivos, así la elección de materiales para su cubrimiento, deberá ser para mejorar aquellas condiciones que el clima local no aporta en forma natural.
- 5) Para ello primero se debe conocer los requerimientos ambientales del cultivo y las condiciones climáticas locales o regionales, además de definir el sistema de manejo a implementar y después diseñar las estructuras de protección, en función de esos aspectos, proceso que se conoce como diseño agronómico de invernaderos.
- 6) Cuando las estructuras ya estén instaladas deberán realizarse las modificaciones pertinentes para lograr un buen manejo de los factores ambientales, en función de un análisis que implique conocer las condiciones climáticas locales y las principales características, como la altura de las naves, el ancho, la superficie de ventilación y la capacidad en cuanto a volumen de aire contenido en las instalaciones.
- 7) Una primera sensación sobre el clima interno de una estructura se obtiene directamente con los sentidos, cuando se entra a un invernadero al medio día en una estación soleada, si el ambiente se mantiene fresco y agradable para el cuerpo humano, sin duda que, en términos generales, será un ambiente propicio para los cultivos. Si por el contrario a los pocos minutos se tienen deseos de salir corriendo, téngase por seguro que las plantas harían lo mismo si pudieran
- 8) Además de un ambiente apropiado, una estructura bien diseñada permite trabajar en su interior y desarrollar eficientemente todas las actividades inherentes al cultivo, sin dependencia de aspectos externos que interrumpan las labores, como las lluvias, el frío o las altas temperaturas.

LITERATURA CITADA

- Alpi, A: y Tognoni, F: 1991. Cultivo en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Bastida T., A, 2011. Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Departamento de Preparatoria Agrícola. Edición restringida. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Bernat J. C. *et al.* 1990. Invernaderos. Construcción, manejo, rentabilidad. Aedos. Barcelona, España.
- Castilla P., N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Mundi prensa. Madrid, España.
- Díaz S., T. *et al.* 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Mundi prensa. Madrid, España.
- Elías C., F. y Castellvi S., F. 2001. Agrometeorología. Segunda edición, Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Jensen, M. H. 2004. Agricultura en ambientes controlados en desiertos y trópicos. *In* Memorias del Curso Internacional de Invernaderos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Papaseit, P. et al .1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura. España. 204 pp.
- Sánchez del C., F. 2007. Diseño agronómico de invernaderos. *In* Memorias del Primer Simposio Internacional de Invernaderos. 20 al 22 de junio 2007. Toluca, México.
- Sánchez del C., F. y Moreno P., E. 2017. Diseño Agronómico y manejo de invernaderos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México.
- Serrano C., Z. 2002. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Tesi, R. 2001. Medios de protección para hortoflorofruticultura y el viverismo. Versión española de J. M. Mateo Box. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 288 p.
- Young *et al*, 2009. Física universitaria. Volumen 1. Addison Perarsen. Educación Mexicana. México.

Felipe Reyes Fuentes¹, Ameyali Hernández Hernández², María Joaquina Sánchez Carrasco³

ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA CONFIGURACIÓN DE FARMACIAS VIVIENTES COMUNITARIAS

RESUMEN

Desde el año 2006 se ha desarrollado un movimiento en la República Mexicana que consiste en la edificación participativa y con técnicas agroecológicas más de 500 espacios donde se estudian, manejan y conservan las plantas medicinales; estos espacios sociobiológicos han sido denominados Farmacias Vivientes. Es relevante indicar que este proceso ha sido liderado por la Universidad Autónoma Chapingo. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es exponer la metodología participativa que se ha desarrollado e implementado por más de diez años para el establecimiento de Farmacias Vivientes Comunitarias que posibilitan el rescate, la conservación y la dinamización de la herencia biocultural vinculada con los recursos vegetales locales con atributos medicinales con la intención de atender los problemas de salud comunitaria.

Palabras clave: Plantas medicinales; Saberes bioculturales; Agroecología

ABSTRACT

Since 2006, a movement has been developed in the Mexican Republic that consists of participatory construction and with agroecological techniques more than 500 spaces where medicinal plants are studied, managed and conserved; these sociobiological spaces have been called Living Pharmacies. It is relevant to indicate that this process has been led by the Universidad Autónoma Chapingo. In

¹Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. Área de Ciencias Sociales. Grupo de Investigaciones Interdisciplinarias en Estudios Socioambientales (GIIES). Correo electrónico personal: ololiuhqui@hotmail.com. Correo electrónico institucional: freyesf@chapingo.mx

²Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. Área de Ciencias Sociales. Grupo de Investigaciones Interdisciplinarias en Estudios Socioambientales (GIIES). Correo electrónico: ameyalihdez@yahoo.com.mx. Correo electrónico institucional: ahernandezh@chapingo.mx

³Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. Área de Ciencias Sociales. Grupo de Investigaciones Interdisciplinarias en Estudios Socioambientales (GIIES). Correo electrónico: joaquimar08@yahoo.com.mx.

this context, the objective of the present work is to expose the participatory methodology that has been developed and implemented for more than ten years for the establishment of Community Living Pharmacies that enable the rescue, conservation and revitalization of the biocultural heritage linked to resources local vegetables with medicinal attributes with the intention of addressing community health problems.

Keywords: Medicinal plants; Biocultural knowledge; Agroecology

INTRODUCCIÓN

En el año 2006 se inició el primer diplomado de “Farmacia Viviente: Terapéutica, Dosificación y el arte de cultivar Plantas medicinales” en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), que promovió la creación de espacios con técnicas agroecológicas donde se dinamizan y preservan los conocimientos vinculados con la flora curativa.

Posteriormente se dictó este diplomado en diversas instituciones gubernamentales donde destacó la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); a partir de la capacitación recibida, esta paraestatal generó un programa que asignaba recursos públicos para la construcción de Farmacias Vivientes Comunitarias y en 12 años se edificaron más de 500 espacios donde se estudia e interactúa con las plantas medicinales.

De manera simultánea, en la Universidad Autónoma Chapingo se ha continuado con la capacitación en comunidades rurales e indígenas, en zonas urbanas y periurbanas, con organizaciones no gubernamentales, políticas, religiosas e instituciones educativas de todos los niveles. En este sentido, el presente trabajo expone la metodología que se ha desarrollado e implementado por más de diez años para el establecimiento de Farmacias Vivientes Comunitarias (FVC) en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Farmacia Viviente (FV) es un espacio sociobiológico en el que se producen, de manera agroecológica, plantas medicinales; la configuración de este espacio cognitivo toma como inspiración a los centros de investigación precortesianos como el Cerro de Tezcutzingo así como los jardines de Iztapalapa y Oaxtepec (Heyden, 2002).

Las Farmacias Vivientes Comunitarias representan un complejo espacio en el que se involucran las esferas físicas, sensoriales, emocionales, espirituales y socioculturales, así como las manifestaciones de la racionalidad médica, representada por los médicos que usan sustancias de síntesis química.

En este sentido, la Farmacia Viviente puede hablar diversos lenguajes equivalentes a las técnicas vividas en cada comunidad, es decir, se yuxtaponen los lenguajes donde la medicina hegemónica tiene cabida a través de sus conceptos fitoquímicos, farmacológicos, clínicos y al unísono la FV dialoga con el susto, con las limpias, con los mapas conceptuales de las culturas indígenas y rurales.

La metodología se construyó a través de técnicas participativas que permitieron documentar los conocimientos vinculados con los padecimientos (enfermedades, patologías) con mayor incidencia y prevalencia, así como los recursos vegetales empleados localmente para atender las enfermedades identificadas.

Al incorporar estos saberes multidimensionales, se genera un tejido entre los padecimientos, los remedios, la forma de aplicar las sustancias vegetales y la conservación del medio ecológico; de tal manera que la FV es un espacio útil tanto para la preservación de la memoria así como a la flora medicinal y para atender las patologías contemporáneas de la comunidad.

En esta dinámica, se concibe a las plantas medicinales como entidades que acumulan experiencia y producen nuevos conocimientos, de tal manera que son al mismo tiempo objetos terapéuticos, marcadores históricos, fuente de riquezas, símbolos que confieren identidad y bienestar a la sociedad.

Así también, la metodología participativa de edificación de la Farmacia Viviente incorpora la investigación-acción, generando un espacio pedagógico asumiendo una estrategia de continuo aprendizaje ambiental que tiene como premisa la reapropiación de los saberes de la flora medicinal mediante la dinámica aprender-haciendo, enseñar-haciendo, en un proceso donde los individuos articulan el bienestar del ecosistema con la salud de las personas que conforman la comunidad.

RESULTADOS

Se presenta la ruta metodológica para el diseño y la construcción de Farmacias Vivientes Comunitarias que está conformada por seis pasos que tienen como hilo conductor el intercambio de saberes que concatenan secuencialmente la información y las actividades.

Cosmovisión sobre el proceso salud-enfermedad

Los modelos de salud ajustan sus intervenciones a la cosmovisión sobre el proceso salud-enfermedad, ya que para cada sociedad representan cosas diferentes que van desde el nacimiento de una persona ya que, en las comunidades indígenas y rurales mexicanas se presentan alteraciones como la caída de la mollera, el empacho, la pérdida del ihiyotl (López, 1980), entre muchos otros padecimientos que desde la perspectiva hegemónica son inexistentes y se les denomina de manera peyorativa como “síndrome de filiación cultural”, no obstante, todas las enfermedades contemporáneas presentan de manera inherente una filiación cultural.

Para ilustrar la idea de que la medicina y las enfermedades son manifestaciones culturales se pone como ejemplo un padecimiento que presenta los siguientes síntomas: dolor o molestias en el abdomen superior, así como sensación de quemazón, presión o plenitud gástrica relacionados con la ingesta de comida.

La intervención que realizan los médicos formados en universidades occidentalizadas es a partir de un enfoque alopático atacando con antibióticos y protectores de la mucosa gástrica a un enemigo casi invisible llamado *Helicobacter pylori* que de acuerdo a este sistema genera una enfermedad clasificada como gastritis; los médicos chinos diagnostican fuego en el estómago y realizan una estrategia herbal y de acupuntura para apagar o movilizar el fuego concentrado en la parte superior del abdomen; los curanderos nahuas alivian una enfermedad denominada latido y suministran plantas (cuachalalate “*Amphipterygium adstringens*”, cancerina “*Semialarium mexicanum*” y árnica “*Heterotheca inuloides*”) también realizan limpias y temazcal.

En este sentido, las enfermedades son construcciones sociales, no existen *per se*, las personas se enferman y se curan acorde a su tejido sociocultural, es por ello que la primera parte de la metodología se orienta hacia la definición de manera colectiva del significado comunitario de salud y enfermedad.

Para lograr este cometido se realizan reuniones donde la gente se expresa verbalmente, con dibujos (sobre todo al trabajar con comunidades indígenas), relatos u otros medios lo que representa las aspiraciones vinculadas a una vida saludable (Figura 1).



Figura 1. Realización de reuniones de trabajo para desarrollar la fase 1 de la metodología

Fuente: Fotografías de Ameyali Hernández Hernández.

Archivos Fotográficos de las Plantas Medicinales. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Uno de los retos presentes al trabajar con comunidades indígenas, es la comunicación, ya que la mayoría de los habitantes de los pueblos originarios tienen la ventura de hablar su lengua materna y el castellano al no es una lengua común que permita la realización de la puesta en marcha del proyecto.

Lejos de visualizar esta situación como un obstáculo para configurar las Farmacias Vivientes Comunitarias, se asimila como una oportunidad para crear mecanismos de comunicación distintos al lenguaje oral y en ese sentido, en los talleres participativos se impulsa el diálogo través de expresiones pictográficas (Figura 2).



Figura 2. El dibujo como estrategia de comunicación

Fuente: Fotografías de Felipe Reyes Fuentes.

Archivos Fotográficos de las Plantas Medicinales. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Identificación de las principales enfermedades de la comunidad

La manivela que configura las características de la Farmacia Viviente es la obtención de información sobre los principales padecimientos de la comunidad, tanto la incidencia como la prevalencia, puesto

que las patologías se presentan acorde a las condiciones climáticas, productivas y socioeconómicas de cada región geográfica.

La información se obtiene a través de un diagnóstico participativo (Figura 3), también se deben realizar entrevistas a las personas que se dedican a la medicina tradicional, como parteras, huesera(o)s, curandera(o)s.

Para tener un panorama más completo de las patologías de cada comunidad, se sugiere consultar las estadísticas de las clínicas locales de salud y el Boletín Epidemiológico publicado por la Secretaría de Salud. La información recopilada se organizará acorde a edad, género y época de incidencia.



Figura 3. Identificación de las principales enfermedades

Fuente: Fotografías de Ameyali Hernández Hernández.

Archivos Fotográficos de las Plantas Medicinales. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Documentar e identificar las plantas medicinales locales utilizadas en el tratamiento de las enfermedades con mayor incidencia y prevalencia en la comunidad

El conocimiento de las plantas medicinales es un saber de creación colectiva derivada de la herencia biocultural ejercitada a través de los siglos, que implica una serie de conexiones teóricas especializadas sobre diferentes ramas del saber, en un primer momento se requiere conocer sobre las características de los padecimientos y articular esta información con las plantas que son útiles para dichas enfermedades.

En la dinámica de identificación de las plantas medicinales se involucran múltiples sutilezas que impactan en la eficacia de los tratamientos herbolarios, que se describen a continuación:

Trascendencia del lugar donde se colectan las plantas medicinales

Desde la perspectiva académica, las plantas presentan efectos terapéuticos debido a la presencia de sustancias químicas generadas a través del metabolismo secundario como fenoles, taninos, flavonoides, aceites esenciales, furanocumarinas, alcaloides, saponinas, entre otras (Bruneton, 2001). Estas sustancias son las responsables de conferir el olor, el sabor y el color a las plantas y no están implicados directamente en el crecimiento y el desarrollo de la planta (Waizel, 2006).

En este contexto, cuando una especie vegetal es cambiada de su medio ecológico puede alterar la producción de los metabolitos secundarios y por consecuencia modificar los efectos farmacológicos, en este sentido, el conocimiento que tienen los médicos tradicionales es de vital importancia ya que identifican con claridad los sitios que presentan las condiciones ecológicas que le confieren a las plantas su efecto curativo.

En este orden de ideas, para la identificación de especies medicinales se sugiere realizar caminatas de campo con las curandera(o)s donde se va dialogando sobre las diferencias entre una planta que crece al lado del río u otra que crece en medio de un cultivo o en el cerro, etc. puesto que ante los ojos de un botánico no existiría diferencia entre estos especímenes, no obstante sí se presenten divergencias en cuanto las sustancias derivadas del metabolismo secundario (Figura 4).

Así también, al observar las condiciones donde se desarrollan las plantas con eficacia terapéutica, permite documentar esta información que será de utilidad al momento de diseñar y establecer la Farmacia Viviente Comunitaria, ya que uno de los propósitos es emular las condiciones ecológicas en las que las plantas activan con mayor vigor el metabolismo secundario.



Figura 4. Médicas tradicionales, campesinos, amas de casa y extensionistas realizando recorridos de campo para la identificación de plantas medicinales

Fuente: Fotografías de Ameyali Hernández Hernández y Felipe Reyes Fuentes.
Archivos Fotográficos de la Sierra Negra de Puebla. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Identificación de la parte útil

Cada aparatado de la metodología presenta una coherencia derivada de la manera en cómo se transmite la información en las comunidades, en este proceso, la identificación de la parte útil o droga vegetal se refiere a la estructura anatómica de la planta (raíz, tallo, xilema, floema, fruto, semillas, hojas, flores, bulbos, rizomas, etcétera) que contienen las sustancias que se emplean en la terapéutica (Figura 5).



Figura 5. Identificación de la parte útil de las plantas medicinales

Fuente: Fotografías de Ameyali Hernández Hernández y Felipe Reyes Fuentes.
Archivos Fotográficos de la Sierra Negra de Puebla. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Técnicas de preparación

Las plantas medicinales son entidades con múltiples funciones que pueden ser potencializadas o mitigadas a partir de técnicas en proceso de elaboración de los medicamentos o remedios herbolarios. Es por ello que es de gran relevancia conocer las posibilidades y su impacto en la actividad terapéutica como a continuación se presenta:

Deshidratación

Uno de los primeros procedimientos en la elaboración de un medicamento es determinar si la planta medicinal se utilizará fresca o deshidratada, lo cual es de vital importancia ya que las estructuras vegetales frescas contienen de manera general más de 80% de agua, por otro lado si se procede a la deshidratación, ésta se debe realizar en un lugar sombreado con buena ventilación ya que las sustancias vegetales son termolábiles y fotodegradables.

Técnicas de extracción

En las preparaciones de medicamentos herbolarios se realizan con la mezcla del material vegetativo y un solvente o vehículo que permita la extracción de las sustancias contenidas en las plantas medicinales, para posteriormente incorporarlos al organismo del paciente.

En este sentido, uno de los parámetros para la elección del vehículo depende de la vía de administración, que puede ser: a) oral (agua, alcohol, miel, pulque), b) ótica (aceites, savia de plantas), c) nasal (agua, aceite), d) oftálmica (agua), e) umbilical (alcohol, aceites, agua), f) transdérmica (resinas, grasas, ceras, miel, orina), g) rectal (mucílagos, agua, jabón de pasta, aceites), entre otras (Figura 6).

Las técnicas de extracción también implican otras variables como: temperatura, tiempo de maceración o de contacto con el solvente, tamaño de la partícula del material vegetativo, percolación o tamizado y mezclado de hierbas.



Figura 6. Extracción de metabolitos secundarios de las plantas medicinales

Fuente: Fotografías de Ameyali Hernández Hernández y Felipe Reyes Fuentes.
Archivos Fotográficos de la Sierra Negra de Puebla. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Técnicas de aplicación y dosificación

Las técnicas de aplicación se articulan con la dosis, es decir, la cantidad de material vegetativo que se mezclará con los solventes, que depende de la vía de administración.

De forma general, se han desarrollado técnicas de aplicación a través de consumo vía oral, ingeridas, enjuagues, gárgaras, inhalaciones de plantas deshidratadas, vapores, humos, baños, aceites esenciales, limpias donde se frota las plantas sobre la piel, emplastos, cataplasmas, compresas, chiquiadores, colirios, aplicaciones óticas, camas de hierbas, temazcal, almohadas, aplicación de extractos o hierbas por el ombligo, supositorios por vía rectal, lavados en genitales, aplicación directa en faneras (cabello, uñas, pestañas, cejas), aplicación directa de material vegetativo, pecho, palmas de manos, plantas de los pies, cuello, cabeza, también hay procedimientos donde se estimula el dolor con plantas urticantes o irritantes en casos de alteraciones del sistema nervioso.

Duración del tratamiento

Las estrategias tradicionales en el diseño del tratamiento toman parámetros acorde al tipo de padecimiento ya sea agudo o crónico; en los casos de padecimientos agudos los tratamientos son dosis altas y con periodos cortos y no superan los 15 días.

En enfermedades que prevalecen por periodos largos (enfermedades crónicas) como diabetes, várices, alteraciones hormonales, etc. se diseñan tratamientos con dosis bajas y periodos de consumo largos que pueden alcanzar los seis meses.

Otro componente que consideran los médicos populares es la edad y el peso de los pacientes, ya que en las comunidades rurales e indígenas de México se suministran plantas desde el inicio, hasta el final de la existencia, pues se realizan baños a recién nacidos y se aplican limpias con plantas a las personas que están agonizando.

Identificación de las enfermedades de las cuales se ignora tratamiento herbolario.

Existen poblaciones que desconocen el tratamiento herbolario local de padecimientos, en este asunto, los técnicos u organizadores deberán identificar en la comunidad, especies vegetales que tengan atributos medicinales para dichas enfermedades; para alcanzar este objetivo, se recomienda vincularse con herbarios, jardines botánicos, documentación en bibliotecas, curandera(o)s, parteras, sitios de internet especializados, asesorías con académicos, etc.

Posteriormente se procede a difundir la información en la comunidad y a generar recomendaciones para el uso de las plantas medicinales.

En el caso de no encontrar plantas locales para padecimientos locales, se realiza la recomendación para integrar especies exóticas, cuidando que presenten las características organolépticas óptimas para un eficaz uso terapéutico.

Diseño y establecimiento participativo de la Farmacia Viviente Comunitaria

La fase del diseño de la Farmacia Viviente es un momento estratégico en el que se considera el área disponible y se retoman como arquetipos los modelos iconográficos a las especies vegetales silvestres o ruderales que son abundantes y exitosas del lugar de estudio (Figura 7).

Este proceso agudiza la observación de los diseñadores (los habitantes del lugar de estudio) sobre la flora y las interacciones que ésta tiene; de manera simultánea se reflexiona sobre los conceptos de resiliencia y adaptabilidad ambiental favoreciendo una dinámica donde el trazo, el nombre y la filosofía de la Farmacia Viviente se gesta a partir de conocimientos bioculturales locales, propiciando una sólido sentimiento de pertenencia e identidad, los cuales son clave para la sustentabilidad de la Farmacia Viviente.

Así también, el acomodo espacial de las especies sigue una lógica donde se aplican técnicas agroforestales para aprovechar de manera eficiente de manera vertical horizontal y secuencial los recursos bioculturales.



Figura 7. Tequio para establecer la Farmacia Viviente

Fuente: Fotografías de Ameyali Hernández Hernández y Felipe Reyes Fuentes.

Archivos Fotográficos de la Sierra Negra de Puebla. Biblioteca Personal Reyes-Hernández. Chapingo, México.

Elaboración del inventario de plantas medicinales de la farmacia viviente comunitaria

Finalmente se sugiere realizar un manual donde se documente cada especie con nombre común, nombre botánico, parte útil, usos terapéuticos, técnicas de preparación, dosificación, medidas precautorias y microrrelatos o nemotecnia comunitario de las plantas medicinales (Figura 8).

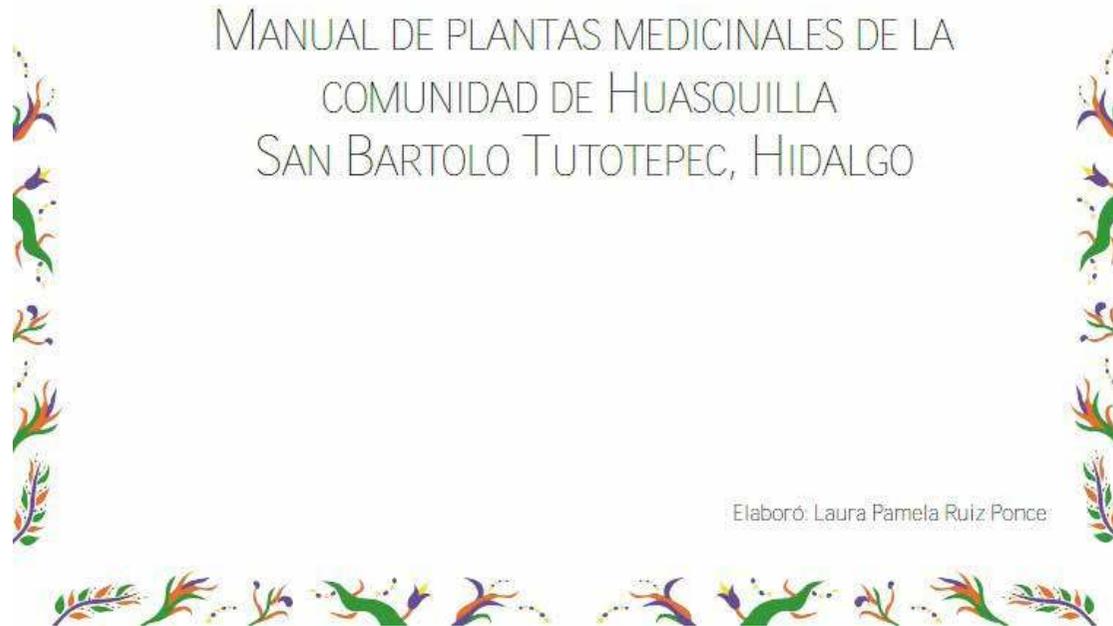


Figura 8. Portada de un manual de plantas medicinales de la Farmacia Viviente

Fuente: Fotografías de Laura Pamela Ruiz Ponce.

Archivos Fotográficos de Huasquilla. Biblioteca Personal Ruiz-Ponce. Chapingo, México.

CONCLUSIONES

Las Farmacias Vivientes se han diseñado y edificado con los insumos cognitivos comunitarios reflejando la cosmovisión de los actores; esta colaboración permanente de los habitantes de cada comunidad ha sido pertinente, fomentando la cohesión para el cuidado de la salud comunitaria así como un espacio de aprendizaje y lúdico de convivencia entre personas de diferentes edades, que ha perdurado en el tiempo, conservando y dinamizando los recursos locales con atributos terapéuticos, en este contexto la Farmacia Viviente Comunitaria es una expresión biocultural contemporánea sustentable.

LITERATURA CITADA

- López-Austin, A. (1980). *Cuerpo humano e ideología: las concepciones de los antiguos nahuas* (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia. Fitoquímica, plantas medicinales*. 2a. ed. Editorial Acribia. España. 1099 pp.
- Heyden, D. (2002). Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueología Mexicana*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Editorial Raíces. Vol. X. Núm. 57: p. 18-23.
- Waizel, J. (2006). *Las Plantas Medicinales y las Ciencias. Una visión multidisciplinaria*. Instituto Politécnico Nacional. México. 587 pp.

Capítulo IX

José Eduardo Magaña Magaña¹, Jorge Arturo Fernández Castillo²,
María Guadalupe Macías López³, Fabiola Iveth Ortega Montes⁴

DESARROLLO SOSTENIBLE DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE Y LA AGENDA 2030 DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE GOMA DE MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*) CON DOS FÓRMULAS DE ETILENO EN POBLACIÓN NATIVA EN NAICA, CHIHUAHUA

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue comparar la producción de goma de la planta de mezquite con la utilización de una hormona vegetal con dos concentraciones. Se utilizaron dos productos, Etileno y etileno con un inhibidor de auxinas, cuyo propósito comercial es para otro fin en las plantas. Las concentraciones utilizadas para fueron 10%, 15% y 20%. Se aplicó utilizando un formón para hacer cortes en el tronco principal y en ramas secundarias. Los resultados mostraron que la hormona tuvo un efecto en todos los árboles tratados, en sus dos presentaciones, de producir goma. Los tratados con etileno tuvieron que la media de producción por árbol fue del tratamiento de 20% con 163.18 gr en tanto que el etileno con inhibidor de auxinas, el mejor tratamiento fue el del 10% con 92.23 gr. En los árboles tratados con etileno no se encontraron ningún tipo de daños en la corteza cercana al corte, en tanto los tratados con etileno e inhibidor de auxinas se observaron ligeros daños en la corteza cercana a los cortes de la aplicación. A los seis meses se observó que dichos daños empezaron a desaparecer y el árbol manifestó rebrotes desde el fuste hasta las ramas secundarias con un color verde intenso característico de las hojas del mezquite nativo. El etileno con el inhibidor tuvo un efecto secundario en controlar a un barrenador del tronco.

¹ Ph.D. José Eduardo Magaña Magaña, UACH-FCAyF, emagana@uach.mx

² Ing. Jorge Arturo Fernández Castillo, UACH-FCAyF, p344298@uach.mx

³ Dra. María Guadalupe Macías López, UACH-FCAyF, macias519@gmail.com

⁴ Ph.D. Fabiola Iveth Ortega Montes, UACH-FCAyF, fortega@uach.mx

Palabras clave: Hormona vegetal, ramas secundarias, inhibidor, rebrotes.

ABSTRACT

The objective of the research was to compare the gum production of the mesquite plant with the use of a plant hormone with two concentrations. Ethylene and ethylene with an auxin inhibitor, were used, in wich the commercial purpose of were differnt purposes in plants. The concentrations used were 10%, 15% and 20%. It was applied using a formon to make cuts on the main trunk and secondary branches. The results showed that the hormone had an effect on all trees treated, in their two presentations, to produce gum. Ethylene treated had the average production per tree that was 20% treatment with 163.18 gr as comparison, ethylene with auxin inhibitor, had its best treatment in 10% with 92.23 gr. No damage to the bark near the cut was found in the trees treated with ethylene and auxin inhibitor, as long as ethylene and auxin inhibitor were treated with slight damage to the cortex near the cuts of the application. At six months it was observed that such damage began to disappear and the tree manifested regrowthes from the fuste to the secondary branches with an intense green color characteristic of the leaves of the native mesquite. Ethylene with the inhibitor had a side effect in controlling a screwworm.

Keywords: Plant hormone, secondary branches, inhibitor, regrowthes.

INTRODUCCIÓN

La comunidad de Naica perdió su fuente de empleo principal al cerrar la mina Industrias Peñoles. Teniendo un efecto en el desempleo y migración de familias. Esta comunidad está localizada en el ejido Naica, Saucillo, Chihuahua. Las autoridades del ejido y miembros de la comunidad solicitaron el apoyo de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua para diseñar y operar un proyecto de desarrollo para contribuir a la economía sustentable⁵. Una de las alternativas fue crear el proyecto de investigación: La Sostenibilidad del desierto Chihuahuense y la agenda 2030 de la ONU⁶.

El Ejido de Naica, Saucillo, Chihuahua cuenta con una superficie de 1500 ha, de las cuales alrededor de 700 ha están pobladas por la especie nativa mezquite. Por tal razón y con el propósito de aprovechar el uso sustentable de los recursos naturales del mismo, se diseñó el presente estudio para la producción de goma de mezquite en su hábitat natural como una actividad económica con altas posibilidades de viabilidad comercial. Por lo que investigar el proceso de producción y cosecha es importante aun cuando existe poca literatura.

⁵ Magaña Magaña, José Eduardo (2019) Extracción de goma de mezquite (*Prosopis* spp.) nativo usando etileno como hormona vegetal. Revista biológico Agropecuaria Tuxpan. Vol. (8) pp. 46-55

⁶ Magaña Magaña, José Eduardo, Romero Lara, María de los Ángeles (2020) El Desarrollo Sostenible del Desierto Chihuahuense y la Agenda 2030 de la Organización de Las Naciones Unidas (ONU): Extracción de Resinas Naturales (Gomas) de las Especies Nativas no Maderables, Mezquite (*Prosopis* spp) y Huizache (*Acacia farnesiana*) para su Aprovechamiento Integral, Económico y Sustentable. México. Editorial académica Española 51 pp.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del mezquite

Reino: Vegetal	
Phylum:	Spermathophita
Subphylum:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledonea
Familia:	Leguminosae
Subfamilia:	Mimosoideae
Género:	Prosopis Laevigata
Especie:	Articulata Pubescens Palmeri Tamaulipana Glandulosa variedad glandulosa y Torreyana Velutina Juliflora Reptans variedad Cinerancens

Fuente: Tomado de Instituto nacional de Ecología (2007)

El mezquite se cultiva como ornamental en parques y jardines. En condiciones nativas se aprovecha por su leña, como forraje al utilizar su vaina y para minimizar la erosión de los suelos. La goma se puede utilizar como medicinal y en la industria cosmética particularmente en la perfumería. Se emplea contra la diarrea, la tifoidea, el bazo crecido, la inflamación de la garganta, heridas, dolor de cabeza y contra las nubes en los ojos. La raíz cocida y combinada con la de tuna se utiliza contra el empacho; la raíz hervida se toma como agua de uso diario para minimizar las hemorragias del periodo vaginales.

La vaina y semillas se aplican contra los fuegos en la boca, para afianzar la dentadura, como antiespasmódico y astringente y contra la tuberculosis. El cocimiento de su corteza cura el dolor de estómago y abre el apetito. Como tintura es útil para curar piquetes de insectos y en té para curar picaduras de alacrán. La infusión de las flores se bebe contra la disentería, la dispepsia, las inflamaciones de la piel y las mucosas⁷.

⁷ Márquez, A. C., F. Lara O., B. Esquivel R. y R. Mata E. (1999). Plantas medicinales de México II. Composición, usos y actividad biológica. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Cuadro 2. Principales fuentes de gomas de origen natural

Origen	Fuente
Exudados vegetales	Goma arábica (<i>Acacia spp.</i>)
	Goma tragacanto (<i>Astragalus spp.</i>)
	Goma de mezquite (<i>Prosopis spp.</i>)
	Goma karaya (<i>Sterculia spp.</i>)
	Goma gatti (<i>Anogeissus latifolia</i>)
Semillas	Goma basil (<i>Ocimum basilicum</i>)
	Goma locust (<i>Ceratonía siliqua</i>)
Algas	Agar, carragenina (Algas rojas)
	Alginato (Algas café)
Fuentes microbianas	Goma xantana (<i>Xanthomonas campestris</i>)
	Goma curdlana (<i>Alcaligenes fecalis</i>)

Fuente: Tomado de la tesis de Emmanuel Cabañas García (2012)

La goma arábica ha sido utilizada desde hace cientos de años en la industria alimenticia, en la farmacéutica, en vitivinícola, pinturas y recubrimientos además de la refresquera, papel y adhesivos, entre otros como se menciona en el cuadro dos⁸. En el caso de esta investigación, la categoría en donde se incluye es en exudados vegetales.

Del 2017 al 2019 se realizó una investigación para determinar el efecto de una hormona vegetal y determinar el proceso de producción y cosecha de goma de mezquite. Los resultados fueron la producción de goma controlada es posible con la hormona vegetal sin que esta causara daños a la planta⁹. A partir de las recomendaciones del experimento anterior de Magaña, se tiene que buscar mejores alternativas en concentraciones de etileno para optimizar la producción de goma sin que cause daños morfológicos a la planta¹⁰.

⁸ Cabañas G., E. (2012). Caracterización Bioquímica y Propiedades Viscoelásticas de Gomas de Acacia farnesiana (L.) Willd. y Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd. Tesis maestría. Maestro en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos, Morelos, México. 51p.

⁹ Magaña Magaña José Eduardo. (2019) Producción y cosecha de la goma de huizache (Acacia farnesiana) en el ejido Naica, Saucillo, Chihuahua. Sustentabilidad socioeconómica y ambiental en México. Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. pp. 134-146.

¹⁰ Romero Lara María de los Ángeles. (2019) Aprovechamiento integral y económico de las especies nativas no maderables del desierto de Chihuahua, México: Extracción de Goma en una población nativa de Mezquite (Prosopis glandulosa) en Naica, Chihuahua, México. Tesis de maestría. Maestra en ciencias de Agronegocios. 30p.

El objetivo general es hacer un análisis de comparación de medias de la producción de goma de mezquite (*prosopis spp*) nativo con dos tratamientos de etileno (uno con inhibidor de auxinas) en 3 concentraciones y evaluar efectos morfológicos en las plantas para continuar con la búsqueda de las alternativas de la producción de goma de mezquite sin causar daños en los árboles.

Los objetivos específicos son:

1. Replicar el proceso del experimento de Magaña, *et al.* (2019), con una hormona similar en plantas de mezquite nativo.
2. Evaluar los efectos de la hormona (etileno con inhibidor de auxinas) en las plantas de mezquite en 10%, 15% y 20% de concentración.
3. Realizar un análisis de comparación de medias de la producción de goma de mezquite en peso de exudado con los resultados del experimento de Magaña *et al.* (2019), y el experimento de etileno con un inhibidor de auxinas.
4. Definir el mejor tratamiento y la concentración recomendable para la producción de la goma sin que cause daño o deterioro al árbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de trabajo está localizada en el ejido de Naica que es una de las principales poblaciones núcleo dentro del municipio de Saucillo del estado de Chihuahua, se localiza en las coordenadas extremas: oeste y sur en $-105^{\circ}29'52.8''$ y $27^{\circ}51'41.4''$, mientras al este y norte $-105^{\circ}29'6''$ y $27^{\circ}52'33.6''$. El clima es semiárido extremo, con una temperatura máxima de 41.7°C y una mínima de -14.1°C ; su temperatura media anual es de 18.3°C .

1. Tiene una precipitación pluvial media anual de 363.9 milímetros, con un promedio de 61 días de lluvia y una humedad relativa del 48%; sus vientos dominantes son del sudoeste¹¹.



Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio en el Ejido Naica

Fuente: Google Maps.

¹¹ INAFED. (1998). <http://siglo.inafed.gob.mx/>. Obtenido de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/municipios/08062a.html>

La investigación tiene un enfoque mixto, ya que para estimar la producción de goma se tienen las variables de dos tratamientos hormonales, (uno con etileno como único ingrediente activo y otro de etileno con inhibidor de auxinas), las concentraciones de los tratamientos (10%, 15% y 20%), y peso del exudado recolectado, estas variables se consideran cuantitativas, las cualitativas por otro lado, serán los síntomas morfológicos presentados en los arboles con aplicación de los tratamientos causando o no, daño o deterioro al árbol.

Materiales a utilizar:

Tratamiento: Hormona vegetal (etileno con inhibidor de auxinas) y agua destilada.

Herramientas de aclareo y delimitación del área: machetes, tijeras para poda, azadón, estacas y GPS.

Equipo para realizar los cortes en fuste y ramas: formón y martillo.

Equipo de aplicación: jeringas, recipientes para colocar la mezcla de la hormona vegetal con agua destilada, una para cada porcentaje de tratamiento.

Equipo de protección: guantes y máscara.

Equipo para recolección de la goma: formón, bolsas plásticas. Equipo para pesado: báscula de precisión.

Se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se localizaron individuos de mezquite en la localidad ya señalada, seleccionando estos de diferentes proporciones para realizar el muestreo de cada área.
2. Acondicionamiento de las áreas o cuadrantes a tratar para tener acceso a ellas debido a que son áreas densamente pobladas por el mezquite y otras especies realizando senderos con herramientas adecuadas para manejo y aclareo en vegetación.
3. Una vez seleccionados los individuos por características recomendables, se realizó una incisión en el tronco para el exudado de goma, la longitud del corte fue desde 2.5 a 5 cm con una profundidad de 0.5 cm y un ángulo de corte de 30 a 40 grados.
4. Se aplicó el tratamiento de la hormona vegetal con una jeringa de 3 ml en el corte, se aplicaron en cuadrantes de alrededor de 20 m x 20 m. Los tratamientos considerados para el estudio exploratorio de ver el rango de tratamientos que no cause daño y que exprese la producción de goma fueron: 10%, 15%, 20% y 25% para la producción de goma. Las mezclas se realizaron en contenedores de plástico esterilizados uno por tratamiento y en cantidad requerida para el experimento a aplicar en el momento, debido a que una vez que se elabora la mezcla, el efecto de la hormona es de 6 horas.

5. Se removió la goma de los individuos utilizando un cincel en la tercera semana después de la aplicación del tratamiento en bolsas plásticas, la observación debe ser continua.
6. Se pesó el exudado producido por árbol por tratamiento y concentración.
7. Se realizó un análisis comparativo de la producción de goma de ambos experimentos y concentraciones.

RESULTADOS

El experimento se realizó el día 15 de marzo del 2020, justo 3 años después del primer experimento para que no existiera variaciones con la estación del año. Se hizo una selección de los árboles de especie *Prosopis glandulosa* basándose principalmente en el aspecto que recomienda Magaña, posteriormente se hicieron tres incisiones en el fuste del tronco y en ramas accesibles; con un ángulo de corte de entre 30° y 45°, una longitud de 2.5 a 5 centímetros y 0.5 centímetros de profundidad, esto con la finalidad de obtener una mayor cantidad de goma. Se aplicó 2.5 ml de hormona con jeringa a cada árbol en 3 concentraciones: 10%, 15% y 20%. La recolección de la goma se realizó con formón y se pesó la producción por concentración utilizando una báscula de precisión en las instalaciones de la FCAyFUACH y se hizo una comparación entre los diferentes tratamientos.

**Cuadro 3. Aplicación de tratamientos Etileno con Inhibidor al 10%, 15% y 20%.
Aplicado el 15 de marzo y recolectado en 1 de abril y 5 de mayo 2020**

Árbol No.	Concentración	Recolección 1	Recolección 2	Total tratamiento
1	10%	151.18	54.38	
2	10%	56.29	18.24	
3	10%	19.97	13.46	
4	10%	22.65	60.73	
5	10%	46.79	17.47	
	Total	296.88	164.28	461.16
	Promedio	59.38	32.86	92.23
6	15%	5	12.83	
7	15%	55.23	14.42	
8	15%	48.78	29.16	
9	15%	34.83	63.71	
10	15%	30.42	21.86	

	Total	174.26	141.98	316.24
	Promedio	34.85	28.40	63.25
11	20%	75	41.07	
12	20%	25.3	6.24	
13	20%	65	20.22	
14	20%	22.75	41.84	
15	20%	25.27	19.26	
	Total	213.32	128.63	341.95
	Promedio	42.66	25.73	68.39

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo.

En el cuadro 1, se observa la producción de goma de mezquite con la aplicación de una hormona (etileno con inhibidor de auxinas) en concentraciones de 10%, 15% y 20% en dos recolecciones.

Se observa que la concentración de 10% tuvo una producción mayor en la exudación de la goma con una media de 92.23 gr por árbol, seguido por la concentración del 20% con una media de 68.39 gr por árbol y finalmente una media de 63.25 gr por árbol en la concentración del 15%. La recolección total del tratamiento de etileno con inhibidor de auxinas es de 1119.35 gr en 15 árboles.

Cuadro 4. Aplicación de tratamientos Etileno al 10%, 15% y 20%, porcentajes diferentes de tratamientos en el primer experimento aplicados el 28/04/2018

Árbol No.	Porcentaje	Recolección 1	Recolección 2	Total tratamiento
1	10%	37.34	45.78	
2	10%	42.33	21.73	
3	10%	26.65	81.44	
4	10%	31.55	28.47	
5	10%	0.57	12.9	
		138.44	190.32	328.76
		27.69	38.06	65.75

6	15%	125.37	61.91	
7	15%	32.18	122.18	
8	15%	22.86	62.17	
9	15%	52.2	82.82	
10	15%	2.03	44.12	
		234.64	373.2	607.84
		46.93	74.64	121.57
11	20%	65.51	52.9	
12	20%	57.6	63.2	
13	20%	128.09	139.65	
14	20%	75.01	165.95	
15	20%	3	64.97	
	Total	329.21	486.67	815.88
	Promedio	65.84	97.33	163.18

Fuente: Elaboración propia con datos del experimento de Magaña (2018).

En el cuadro 2, se muestran los resultados de la producción de goma de mezquite con la aplicación de una hormona (etileno) en concentraciones de 10%, 15% y 20% en dos recolecciones. Se observa que la concentración de 20% tiene una mayor producción de goma con una media de 163.17 gr por árbol, seguido por la concentración de 15% con una media de 121.56 gr por árbol y finalmente la concentración del 15% con una media de 65.75 gr por árbol. La recolección total del tratamiento de etileno en 3 concentraciones en el experimento de Magaña (2019) fue 1752.48 gr en 15 árboles.

Cuadro 5. Resultados de los experimentos de la producción de goma de mezquite usando los tratamientos de etileno y etileno con inhibidor de auxinas en 10%, 15% y 20% de concentración

Concentración	Etileno con inhibidor		Etileno	
	Peso en gramos	Media por árbol	Peso en gramos	Media por árbol
10%	461.16	92.23	328.76	65.75
15%	316.24	63.25	607.84	121.57
20%	341.95	68.39	815.88	163.18
Total	1119.35	74.62	1752.48	116.83

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en campo y experimento de Magaña (2018)

En el cuadro 3 se muestran los resultados de los experimentos de la producción de goma de mezquite usando los tratamientos de etileno y etileno con inhibidor de auxinas en 10%, 15% y 20% de concentración. Se observa que la concentración de 10% de hormona vegetal con inhibidor de auxinas tiene una media de producción de 92.23 gr, mayor al tratamiento de solo etileno, siendo de 65.75 gr. La media de producción de goma en 15% de concentración fue de 121.57 gr del tratamiento de etileno en comparación a 63.25 gr del tratamiento de etileno con inhibidor de auxinas. Se observa que en las concentraciones de 20%, el tratamiento de etileno tiene mayor producción a comparación de etileno con inhibidor, siendo los resultados 163.18 gr y 68.39 gr respectivamente. El total de la producción de goma de mezquite en 15 árboles es de 1752.48 gr con el tratamiento de etileno y 1119.35 gr con el tratamiento de etileno con inhibidor de auxinas.

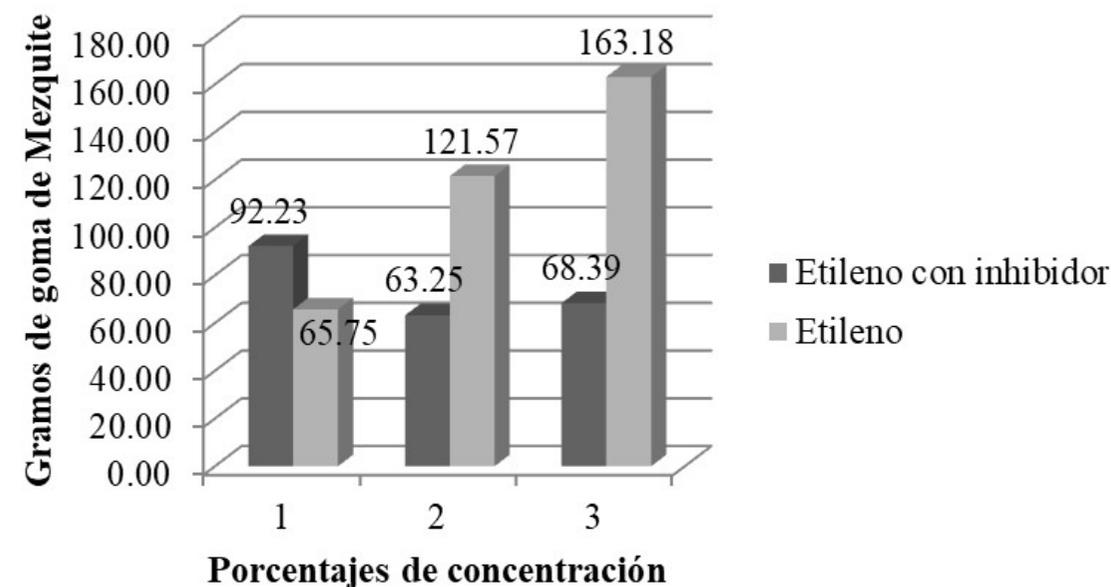


Figura 3. Medias de producción de ambos experimentos en concentraciones de 10%, 15% y 20%

Fuente: Elaboración propia con datos recabados en campo y experimento de Magaña (2018)

En la gráfica 1 se muestran los resultados de las medias de producción de ambos experimentos en concentraciones de 10%, 15% y 20%, se observa que la concentración de 20% obtuvo mayor producción de goma utilizando solo etileno. Por otra parte, con una concentración del 10% en el tratamiento de etileno con inhibidor de auxinas, la producción es mayor a la del tratamiento de solo etileno en la misma concentración, sin embargo, este no se acerca a la producción del mejor tratamiento de etileno (20%).

CONCLUSIONES

El papel de las organizaciones educativas como la Universidad Autónoma de Chihuahua y su Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales es utilizar con una visión a futuro la capacidad de sus investigadores para solucionar y mitigar los efectos sobre los recursos naturales que el propio ser humano o políticas gubernamentales causan por ignorancia, omisión y por intereses tal es el caso del desierto chihuahuense que es uno de los más grandes de América del norte y que incluye una interacción flora-fauna y ser humano. Es por eso que la presente investigación se integró a los esfuerzos de organizaciones de carácter mundial como la Organización de las Naciones Unidas y su Agenda 2030.

El propósito de este proyecto ha sido el de aprovechar integralmente, económicamente y sosteniblemente las especies nativas del desierto que permitan conservar y en su caso mejorar las especies nativas en su manejo natural respetando su ecosistema y a la vez proporcionar productos derivados de estas plantas para generar empleos y minimizar la migración de la población. En este sentido la comunidad rural del Ejido Naica, Chihuahua se vio abruptamente roto su economía al cerrarse una mina que era el principal generador de empleos de la comunidad. La población joven emigró a otras ciudades para conseguir empleo y otros migraron hacia los Estados Unidos.

Los dirigentes de la comunidad solicitaron apoyo de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales para establecer un proyecto de generación de empleos y del uso de sus recursos naturales. Se procedió a realizar un análisis situacional de la población y de sus recursos naturales. De este análisis se hicieron proyectos pequeños familiares para el procesamiento de lácteos. Así mismo, al analizar sus recursos naturales se identificó que el 40% de la superficie no urbana la especie dominante fue el mezquite, de allí que se enfocó el presente trabajo para utilizar integralmente y económicamente esta especie nativa. En virtud de los múltiples productos que el mezquite proporciona, como las vainas para alimentación de ganado y humano, las flores para alimento de abejas en la apicultura, sus troncos y ramas como combustible, carbón y para construcción de corrales y cercas, sus hojas y corteza como infusiones para malestares estomacales, su goma también para malestares gástricos, sus hojas machacadas para los ojos, entre otros usos.

El esfuerzo de investigación una vez conocidos los usos de los productos del mezquite, formulo un proyecto a mediano y largo plazo. Iniciando con el uso integral, económico y sustentable de la producción de la goma teniendo dos aspectos fundamentales; diseñar la técnica de producción, la aplicación de una hormona vegetal y vigilar que el árbol nativo no manifestase signos de alteración en su estructura en dos ciclos.

La técnica de Magaña en plantaciones de mezquite nativo utilizando hormonas vegetales ayuda a la producción de goma.

La hormona vegetal de etileno con inhibidor de auxinas en bajas concentraciones, ayuda a elevar la producción de goma de mezquite respecto a la exudación natural. Aunque se observaron daños en la corteza del árbol.

Al realizar un análisis de comparación de medias de la producción de goma de mezquite en peso de exudado entre el tratamiento de etileno y etileno con inhibidor, se obtienen mejores resultados con el experimento de etileno solo.

Se recomienda volver a replicar el experimento en donde se utilicen tratamientos de etileno con inhibidores de auxinas con 2.5%, 5%, 7.5% y 10%.

LITERATURA CITADA

Cabañas G., E. (2012). *Caracterización Bioquímica y Propiedades Viscoelásticas de Gomas de Acacia farnesiana (L.) Willd. y Acacia cochliacantha Humb. & Bonpl. ex Willd.* Tesis maestría. Maestro en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos, Morelos, México. 51p.

INAFED. (1998). <http://siglo.inafed.gob.mx/>. Obtenido de <

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/municipios/08062a.html>

Instituto Nacional de Ecología. (2007) Artículo: Descripción de la Planta.

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/72/localiza.html>

Magaña Magaña, José Eduardo (2019) *Extracción de goma de mezquite (Prosopis spp.) nativo usando etileno como hormona vegetal.* Revista biológico Agropecuaria Tuxpan. Vol. (8) pp. 46-55

Magaña Magaña, José Eduardo, Romero Lara, María de los Ángeles (2020) *El Desarrollo*

Sostenible del Desierto Chihuahuense y la Agenda 2030 de la Organización de Las Naciones Unidas (ONU): Extracción de Resinas Naturales (Gomas) de las Especies Nativas no Maderables, Mezquite (Prosopis spp) y Huizache (Acacia farnesiana) para su Aprovechamiento Integral, Económico y Sustentable. México. Editorial académica Española 51 pp.

Magaña Magaña José Eduardo. (2019) *Producción y cosecha de la goma de huizache (Acacia*

Farnesiana) en el ejido Naica, Saucillo, Chihuahua. Sustentabilidad socioeconómica y ambiental en México. Asociación Mexicana de Investigación Interdisciplinaria A.C. pp. 134-146.

Márquez, A. C., F. Lara O., B. Esquivel R. y R. Mata E. (1999). *Plantas medicinales de México II. Composición, usos y actividad biológica.* Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Romero Lara María de los Ángeles. (2019) *Aprovechamiento integral y económico de las*

Fotos del trabajo en campo



Capítulo X

Eduardo Santiago Elena¹, Vicente Hernández Valencia²,
Disraeli Eron Guerrero Moreno³, Karla Giovana Elizalde Gaytán⁴

MANEJO ALTERNATIVO DE *Colletotrichum gloeosporoides* EN PAPAYA

RESUMEN

La papaya es un cultivo con un potencial importante en la economía de las regiones tropicales y subtropicales del mundo, ya que su fruta posee gran valor nutritivo y se puede consumir en fresco o procesada (Peña, 2008), sin embargo, es un cultivo muy susceptible a enfermedades fungosas, siendo la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides* Penz.), afectando a diversas estructuras de la planta siendo el daño más severo en frutos. El objetivo fue evaluar la eficacia biológica de diversos productos alternativos utilizados para el manejo de *C. gloeosporoides* de papaya en campo. Las evaluaciones se realizaron de enero a abril de 2019. Se usó un diseño en bloques al azar, cada uno de 8x9 m., formada por 6 surcos con plantas de papaya var. “Maribel” (2.5–3 m. altura). Se evaluaron 11 tratamientos: AuNPs (0.1%), CuNPs (0.5%), AgNPs (0.1%) en dosis de 1 y 2 mL, *Bougainvillea* sp. (33%), *Tagetes lucida* (aceite e hidrodestilación) (0.1%), Tensoactivo (Lauril Sulfato Sódico) (5%), dos testigos comerciales: Azoxystrobin (50%) y Mancozeb (50%) y un Testigo absoluto (agua destilada) con 3 repeticiones, se efectuaron 4 aplicaciones (7 días entre cada aplicación), siendo los tratamientos más eficaces: AuNPs (90.63% a), CuNPs (90% a), *Bougainvillea* (77.08% a), AgNPs a 2 mL (67.03% ab), Tensoactivo (Lauril Sulfato Sódico) (61.9% ab) y *T. lucida* (aceite) (61.54% ab). Estos ingredientes activos podrían ser alternativa para evitar el uso excesivo de fungicidas de contacto para el manejo de la fruta en campo y darle mayor vida de anaquel.

¹ Maestría en Ciencias en Protección Vegetal. Área de Biología. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. Correo electrónico: riquelme_124@hotmail.com

² Maestría en Ciencias en Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Montecillos. Correo electrónico: hdez_libra95@hotmail.com

³ Maestría en Ciencias en Protección Vegetal. Área de Biología. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. Correo electrónico: eron151988@gmail.com

⁴ Maestría en Ciencias en Horticultura. Área de Biología. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. Correo electrónico: karlaeliza.ke@gmail.com

Palabras clave: Control, *Colletotrichum*, AuNPs, CuNPs, *Bougainvillea*.

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es consumida en casi todo el mundo desde hace siglos, hoy en día se cultiva en Asia, África y América, siendo los principales productores India con el 38.61%, seguida de Brasil con 17.5% de la producción, y países como Indonesia, Nigeria, México, Etiopía, Colombia, Tailandia y Guatemala aportan entre el 6.89% y el 1.85% de su producción internacional (FAOSTAT 2012). México ocupa el tercer lugar como productor mundial con 961,768 Ton, con un valor estimado de 321.45 millones de dólares (FAOSFAT, 2017). Siendo una de las frutas tropicales más apreciadas y demandadas para consumo e industrialización a nivel nacional e internacional (Cituk *et al.*, 1996). La producción va en ascenso debido a sus cualidades de fructificación, alta producción, sabor, color, consistencia, precios de venta y demanda en los mercados (Mandujano, 1995). Gracias a los altos niveles de vitamina B, minerales, fibra y antioxidantes, es considerada una fruta exótica y que continúa en creciente demanda (Syngenta, 2020).

Este cultivo es muy susceptible a cambios ambientales adversos, deficiencias nutrimentales y problemas fitosanitarios. Dentro de las principales pérdidas en frutos de papaya destacan las ocasionadas por plagas y enfermedades, siendo estas últimas las que se manifiestan en mayor grado durante el transporte y comercialización de la fruta. El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., causante de la antracnosis, se desarrolla en una gran variedad de hospedantes, tales como aguacate, cítricos, mango, papaya y plátano, por lo que en México y otros países es considerada como la enfermedad que mayores pérdidas postcosecha ocasiona en estos productos. Al respecto se ha reportado que debido a pudrición por antracnosis las pérdidas postcosecha de papaya alcanzan entre 40% y pérdida total (Dickman y Álvarez, 1983).

La antracnosis usualmente inicia en el campo de cultivo en etapas tempranas del desarrollo del fruto; sin embargo, el patógeno permanece en estado quiescente hasta que el fruto alcanza la fase climatérica. Una vez que el fruto comienza el proceso de maduración, los síntomas de la enfermedad se manifiestan (Álvarez y Nishijima, 1987). En papaya los síntomas de antracnosis consisten en lesiones semicirculares o angulares color café con hundimientos en la epidermis del fruto que se extienden como lesiones húmedas en las cuales el hongo irrumpe como esporas de color naranja que se desarrollan en masas y, algunas veces, en anillos concéntricos (Bailey y Jeger, 1992).

Para el manejo de la antracnosis se han utilizado por lo regular una gran diversidad de fungicidas como azoxystrobin, benomilo, captan, clorotalonil, imazalil, mancozeb, metil kresoxim, procloraz y thiabendazol (Cristóbal *et al.*, 2006). De estos fungicidas recomendados, solo azoxystrobin, clorotalonil, mancozeb y thiabendazol están permitidos para su uso en papaya por parte de la agencia de protección al ambiente (EPA) de los Estados Unidos de América (US EPA, 2008).

Se debe considerar que el uso indiscriminado y en exceso de fungicidas, puede ejercer

una presión selectiva sobre los microorganismos, causando que éstos se vuelvan resistentes a un determinado producto (Sanhueza, 2012). Estas prácticas también han derivado en una disminución de las poblaciones de antagonistas de los patógenos asociados a los cultivos agrícolas y pueden llevar a la contaminación de los alimentos. Para evitar la aparición de resistencias, es necesario alternar o utilizar distintos mecanismos de acción, en conjunto con la búsqueda de nuevos productos para el control de enfermedades (Céspedes, 2005), explorando el fortalecimiento de la resistencia de la planta en los cultivos hortícolas usando inductores físicos, biológicos y químicos (Terry y Joyce, 2004).

Las plantas tienen la capacidad de sintetizar una gran diversidad de metabolitos secundarios relacionados con diferentes mecanismos de defensa, entre los que se encuentran compuestos químicos como terpenos, fenoles, compuestos nitrogenados como alcaloides y compuestos azufrados, muchos de estos con propiedades antimicrobianas (Ávalos y Carril, 2009). También se ha evidenciado que las plantas tienen funciones biológicas y químicas de defensa, por lo que gran variedad de estos compuestos pueden tener actividad biológica sobre hongos (Saravanakumar *et al.*, 2015). En el caso de productos alternativos durante las últimas décadas, la investigación en ciencia y tecnología se ha centrado en la fabricación de estructuras atómicas y materiales a escalas nanométricas (1 nm = 10⁻⁹ m), lo que comúnmente se conoce como “Nanotecnología” (Savage *et al.*, 2007). En teoría, las NPs pueden ser producidas a partir de casi cualquier producto químico, sin embargo, la mayoría de las NPs que están actualmente en uso hoy en día, han sido fabricadas a partir de metales de transición, silicio, carbono y óxidos de metal (Lux, 2008). Algunas propiedades que presentan son la actividad antimicrobiana que presenta la plata, las nanopartículas de plata (AgNPs) son uno de los nanomateriales más comúnmente utilizados (Piao *et al.*, 2011). Las AgNPs tienen su aplicación en el sector alimentario, concretamente en agricultura y en el envasado de los alimentos. Dentro del campo de la agricultura, las AgNPs se emplean para prolongar la conservación de frutos, ya que además de su actividad antibacteriana presentan un efecto fungistático que retarda el crecimiento de hongos fitopatógenos. Estas NPs pueden aplicarse junto con un recubrimiento biodegradable en los frutos, mediante la inmersión de estos en la solución formadora de recubrimiento (Aguilar, 2009). Además, las AgNPs también son empleadas en la fabricación de materiales en contacto con los alimentos, eliminando hasta en un 90% el crecimiento de microorganismos en los alimentos (Observatory, 2009), siendo una alternativa a otros métodos de conservación de alimentos que emplean la radiación, tratamiento térmico, almacenamiento a baja temperatura, o la introducción de aditivos antimicrobianos (Brody *et al.*, 2008).

Por lo tanto, el desafío de llegar con un producto de calidad es aún mayor bajo nuestras condiciones, ya que los principales mercados consumidores se encuentran distantes (EE.UU., Europa) por lo cual la fruta debe mantener su integridad y calidad por un período prolongado (Undurraga *et al.*, 2013), por lo tanto esta investigación tiene como objetivo evaluar la eficacia biológica de diversos extractos vegetales (*Tagetes* y *Bougainvillea*), tensoactivos y nanopartículas de plata, oro y cobre, sobre el desarrollo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en papaya en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase de campo

Ubicación del experimento. Se realizó de enero a abril del año 2019, en la empresa agrícola “La Ranchera”, localizada en Loma de Fátima, Colima, (19°9'58" N, 103°45'41" W). El clima es cálido húmedo (Am). La precipitación media anual es de 636.5 mm, a 420 msnm (SMN, 2019).

Material Vegetal. Se utilizaron plantas de papaya variedad Maribel. Este cultivar fue seleccionado debido a que en años recientes ha sido ampliamente utilizado en varias regiones papayeras de México, por su rendimiento y calidad de la fruta.

Material de inoculación. El agente causal se aisló de frutos con los síntomas típicos de antracnosis y se conservaron en cámaras húmedas con una humedad relativa de 90%. Las muestras se recolectaron de plantas con síntomas típicos de la enfermedad.

Fase de laboratorio

Identificación del agente causal. De frutos con síntomas típicos de antracnosis, como lesiones hundidas de color marrón a negro de 5 a 10 mm. Los frutos muestreados y colectados se almacenaron en una hielera con gel congelado y transportados al Laboratorio de Hongos Comestibles del Área de Biología en la Universidad Autónoma Chapingo. Los frutos sintomáticos se conservaron en cámaras húmedas (HR 90% y de 25 a 30 °C), para inducir la esporulación de las lesiones y desarrollo de acérvulos. Para la determinación del agente causal, se realizaron preparaciones semipermanentes y con la ayuda de las claves taxonómicas para hongos imperfectos de Barnett y Hunter (1972), se determinó a *Colletotrichum gloeosporoides* Penz.



Figura 4. Aislamiento y desarrollo del agente causal de *C. gloeosporoides* de frutos de papaya var. Maribel A) Aislamiento en PDA, de *C. gloeosporoides* de frutos de papaya sintomáticos. B) Desarrollo micelial de *C. gloeosporoides* medio de cultivo PDA. C) Acérvulo con conidios elípticos de *C. gloeosporoides* a 100X (Microscopio Olympus Z93)

Diseño experimental. Para la evaluación de los tratamientos se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, en donde en cada bloque, fue considerado como unidad experimental denominada cama (8x9 m=72 m²), la cual estuvo conformada por seis surcos de papaya en etapa

vegetativa (2.5–3 m de altura) de la variedad Maribel. Se utilizaron 11 tratamientos (Tabla 1), con tres repeticiones, por cada tratamiento se efectuaron cuatro aplicaciones con una diferencia de siete días entre cada aplicación.

La incidencia de la enfermedad se determinó contando el número de frutos sanos y frutos enfermos, en cada unidad experimental. La transformación a porcentaje de severidad se empleó la fórmula: $I = (FE/FT) * 100$. Donde: I= porcentaje de incidencia, FE= número de frutos enfermos y FT= número total de frutos. Para la eficacia biológica de los tratamientos (Tabla 1.) se utilizó la fórmula de Abbott, (1925). $Ef = ((cd-td) / cd) * 100$. Donde: Ef= Eficacia biológica, cd= porcentaje de infección en el testigo, td=porcentaje de infección en el tratamiento. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparación múltiples de medias Tukey ($\alpha=0.05$), realizado en el software SAS V9.0.

Se realizó la aplicación de los extractos vegetales, dirigido a los frutos de las plantas seleccionadas en etapa de fructificación, utilizando, un atomizador de un 1.5 litros. Siete días después de la primera aplicación de cada uno de los tratamientos, se realizó la segunda aplicación de los productos a evaluar, hasta la cuarta aplicación es decir 21 días después de la primera aplicación. Después de cada aplicación se realizó la evaluación de los tratamientos, para determinar el porcentaje de efectividad biológica.

Tabla 1. Tratamientos evaluados para el manejo de antracnosis (*C. gloeosporoides*) de papaya en campo en Loma de Fátima, Colima

PRODUCTOS		
No. Trat.	Tratamiento	Dosis
T1	<i>Bougainvillea</i> sp. (33%)	3 mL.L ⁻¹ *
T2	<i>Tagetes lucida</i> (aceite) (0.1%)	2 mL.L ⁻¹ *
T3	<i>Tagetes lucida</i> (hidrodestilación) (0.1%)	2 mL.L ⁻¹ *
T4	AgNPs (0.1%) A	2 mL.L ⁻¹ *
T5	Tensoactivo (Lauril Sulfato Sódico) (5%)	1 mL.L ⁻¹ *
T6	AuNPs (0.1%)	1 mL.L ⁻¹ *
T7	AgNPs (0.1%) B	1 mL.L ⁻¹ *
T8	CuNPs (0.5%)	1 mL.L ⁻¹ *
T9	Azoxystrobin (50%)	2 g.L ⁻¹ *
T10	Mancozeb (50%)	3 g.L ⁻¹ *
T11	Testigo absoluto (agua destilada)	1000 mL de agua

*Todos los extractos y productos utilizados se diluyeron en agua destilada estéril con aforo de 1000 mL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a la Fig. 2. Podemos visualizar que el tratamiento T. lucida (hidrodestilación 0.1%) (severidad 12.27% (ab) y eficacia biológica de 15.19% (ab)) presento un menor control de la antracnosis, lo cual puede deberse a las diversas condiciones ambientales que se presentaron en Loma de Fátima, Colima, en los meses de enero a abril de 2019 (temperaturas promedio de 25.7 a 33.4 °C, pp 5.8 mm) (SMN, 2019), y afectar la formulación de T. lucida en cuestión ya que la mayoría de aceites esenciales y metabolitos de acción antifúngica son termolábiles y pueden descomponerse en presencia de temperaturas elevadas (33.4 °C) (Duke, 2008) siendo uno de los tratamientos con menor efectividad biológica de todo el experimento.

Sin embargo en relación con la fig. 3., El tratamiento T. lucida (aceite 0.1%) presento un 61.54% (ab) de eficacia biológica y 6.09% (ab), esto pudo deberse a la formulación del producto aplicado fue una extracción oleosa, lo cual permitió tener una mayor estabilidad, duración y efecto de los aceites esenciales sobre la fruta en campo (Fig. 4F), así como evitar la descomposición de los metabolitos de T. lucida por altas temperaturas (33.4 °C) (SMN, 2019). Esta formulación en aceite evitó la germinación de esporas y estructuras fúngicas de *C. gloeosporoides*, en frutos ya que no había desarrollo de lesiones hundidas típicas de la enfermedad, en estudios realizados por Céspedes et al. (2006) se identificó que T. lucida presenta componentes dimetoxi-fenólicos presentes en el extracto, así como la escoparona (6,7- dimetoxicoumarina) responsable de presentar una alta inhibición sobre el crecimiento micelial de *Fusarium sp.* en dosis de hasta 250 µg mL⁻¹, lo cual pudo haber afectado el crecimiento y germinación de los conidios de antracnosis en campo, y esto mantuvo mas tiempo sin infección a frutos durante el experimento.

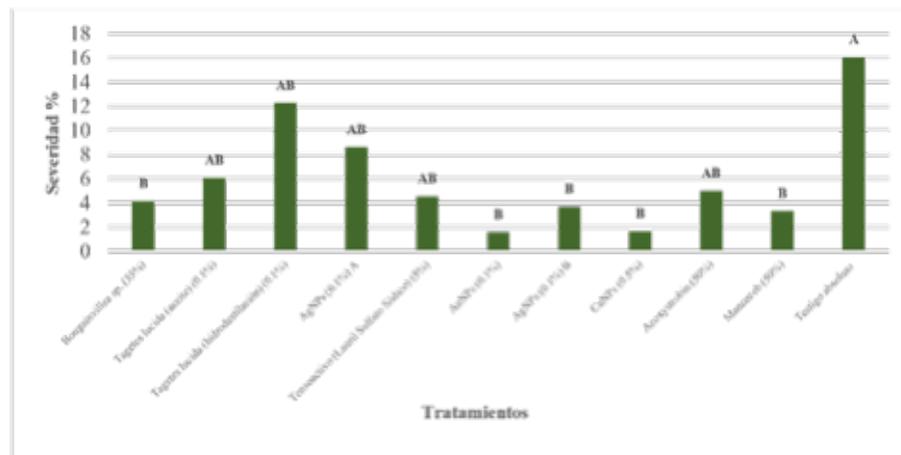


Figura 2. Severidad de *C. gloeosporoides* en frutos de papaya, después de 28 días de la primera aplicación de los tratamientos. Barras con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$). *AgNPS A (2 mL.L⁻¹) y B (1 mL.L⁻¹). Las dosis de los tratamientos se mencionan en la Tabla 1

En el caso del tratamiento Lauril Sulfato Sódico (LSS) (5%) con severidad de 4.56% (ab) y eficacia de 61.9% (ab), puede deberse a que es un agente surfactante aniónico, detergente y agente humectante, efectivo en soluciones ácidas y alcalinas y suele combinar con alcanolamidas de ácidos grasos para sobre engrasar y espesar el producto, lo que le genero una capa de protección contra los conidios de *C. gloeosporoides*, siendo un tratamiento de control similar con T. lucida (aceite 0.1%) estadísticamente (Wade and Weller, 1994), el ingrediente activo LSS, es recomendado para uso domestico como limpiador concentrado multiusos contra diversos microorganismos Gram + y esporas fungicas afectando las membranas celulares y sus grasas por ejemplo *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *S. Schottmuelleri*, *Shigella dysenteriae* (Merianos, 2001).

Para los tratamientos NanoAu (0.1%) (severidad 1.56% (b) y eficacia de 90.63% (a)) y NanoCu (0.1%) (severidad 1.66% (b) y eficacia de 90% (a)), la adición por separado de las nanopartículas de plata y cobre a los frutos de papaya retrasó la germinación y desarrollo de los conidios de *C. gloeosporoides*, lo cual no se vio afectado por las condiciones ambientales, además de que la formulación de ambos tratamientos favoreció el efecto fungicida por más tiempo en las frutas tratadas de hasta 21 días, para el caso de las CuNPs (0.1%) con 90% (a), al tener una gran actividad multisitios, inhibiendo la germinación de esporas a nivel de contacto, lo cual impide el desarrollo y establecimiento de esporas de *C. gloeosporoides* en el fruto (Ren et al., 2008), además que el cobre tiene un nivel alto de oxidación catalítica y una reducción potencial alta.

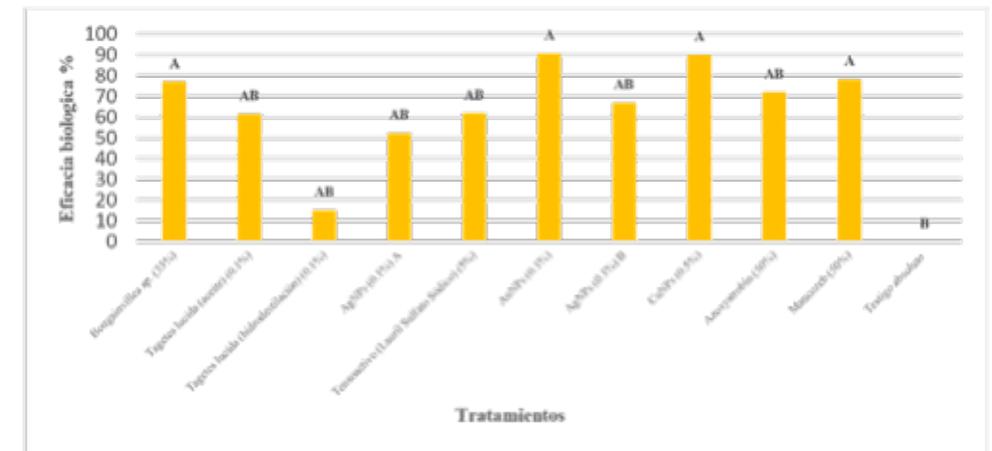


Figura 3. Efectividad biológica de los tratamientos evaluados a los 28 días de la primera aplicación de los tratamientos en frutos de papaya para el manejo de *C. gloeosporoides*. Barras con letras distintas presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$). *AgNPS A (2 mL.L⁻¹) y B (1 mL.L⁻¹). Las dosis de los tratamientos se mencionan en la Tabla 1

Cuando el Cobre está en un estado de oxidación, es altamente efectivo como antimicrobial debido a la interacción con ácidos nucleicos, sitios activos enzimáticos y componentes de la

membrana en células que causan la enfermedad (Cioffi *et al.*, 2005). Para el caso del AuNPs (0.1%) con 90% (a), presenta también un efecto antibacteriano afectando la ruptura de la membrana, siendo uno de los mejores tratamientos, y esto puede respaldarse con lo reportado por Huang *et al.*, 2007, donde las AuNPs presentan propiedad antimicrobial contra *Candida Albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Acinetobacter baumannii* (Ghosh *et al.*, 2012) y *E. coli* así como *S. aureus* (Ali *et al.*, 2011), y Naranjo *et al.* (2017) en donde mencionan que puede afectar el desarrollo de *Fusarium sp. in vitro*, lo que puede reflejarse contra *C. gloesporoides* en frutos de papaya, en campo donde la fruta no presente lesiones hundidas por más de 20 días (Fig. 4B).

Para el caso de los tratamientos con AgNPs al 0.1%, en las dosis de 1 y 2 mL.L⁻¹, no se presentaron diferencias estadísticas significativas, (severidad 8.62% (b) y 3.70% y eficacias de 52.3% (ab) y 67.03% (ab), según Morones (2005), AgNPs inhiben el crecimiento de los hongos produciendo radicales libres tóxicos, y oxígeno, la adición de AgNPs al 0.1%, a los frutos retrasó el crecimiento del hongo, si se estableció pero su desarrollo fue lento, lo cual coincide con lo mencionado con Aguilar (2013) al trabajar con *C. gloesporoides* las nanopartículas tuvieron un efecto fungistático, logrando una inhibición de casi el 90 % en medio de cultivo, en nuestro caso el experimento se realizó *in situ* (Fig. 4E), dando la misma eficacia reportada con Aguilar, 2013; esto puede deberse a lo reportado con Morrones *et al.*, (2005) donde los iones de plata provocan cambios estructurales irreversibles en la membrana celular afectando drásticamente sus funciones propias como permeabilidad y respiración.

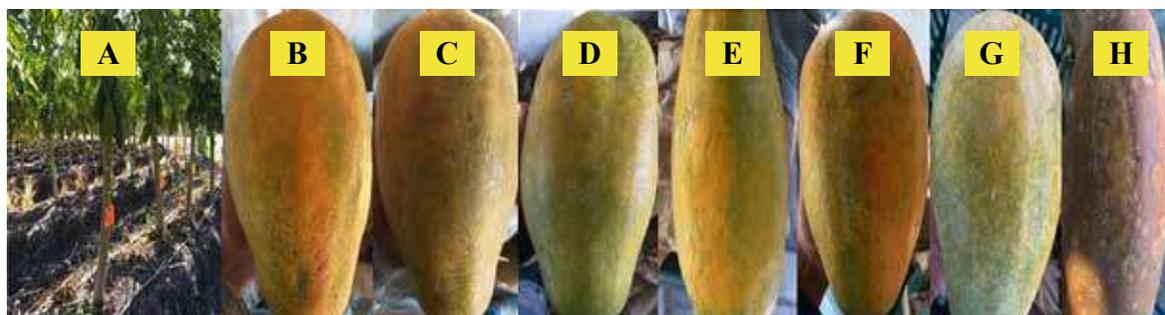


Figura 4. A. Establecimiento de tratamientos alternativos en Papaya var. Maribel; B. Fruto tratado con AuNPs (0.1%) se ven ligeras coloraciones verdes (maduración); Fig. C. Frutos tratados con CuNPs (0.1%) se pueden ver ligeras lesiones hundidas; Fig. D. Tratamiento Mancozeb (50%) se pueden ver exceso de producto en el fruto; Fig. E. Aplicación de AgNPs (0.1%) a la fruta y se ven coloraciones verdes irregulares; Fig. F. Frutos tratados con *T. lucida* (aceite 0.1%) en donde se ven puntuaciones verdes pequeñas; Fig. G. Frutos tratados con *Bougainvillea sp.* (33%), en donde se ven ligeras lesiones pequeñas hundidas; Fig. H. Testigo absoluto (agua destilada) con daños en toda la cutícula del fruto

En general las NPs inician su recorrido mediante el proceso de absorción y translocación en la raíz por la ruta tejido conductivo del xilema; luego continúan su movimiento ascendente en

el xilema; cuando las NPs se aplican al follaje el transporte hacia las raíces siguen la vía del floema (Lira *et al.*, 2018).

En base a la Fig. 3. El tratamiento *Bougainvillea sp.* (33%), con una eficacia de 77.08% (a) y severidad 4.16% (b), donde el extracto etílico presenta flavonoides, fitoalexinas y ácido ascórbico, generando inducción de resistencia y acción negativa directa sobre el desarrollo de hongos fitopatógenos, por lo que no permite la germinación de los conidios y micelio de hongos saprofitos (Stadnik y Talamini, 2004), Soyly *et al.*, (2007) mencionan que macerados *Bougainvillea spectabilis*, afectan la producción de esclerocios de *Sclerotium cepivorum* en campo, por lo que se presentaron estos resultados en parcelas de papaya en Colima (Fig. 4G),

En el tratamiento Mancozeb al 50%, presentó una eficacia de 78.33% (a) y una severidad de 3.33% (b), al ser uno de los testigos comerciales, en donde el fungicida de contacto es uno de los más utilizados en la zona de estudio, debido a que el mecanismo de acción del Mancozeb es por contacto con las esporas del hongo sobre la superficie del tejido a proteger, su mecanismo de acción multisitio, induce inhibición enzimática múltiple, inhibe respiración, inactiva grupos sulfhidrilos (-SH) desnaturaliza enzimas, afecta ciclo Krebs, impide formación de ATP, afecta lípidos de la membrana (NUFARM, 2012), así mismo Azoxystrobin (50%) presentó una eficacia de 71.92% (ab) y una severidad de 5.01% (ab), donde su inhibición se basa en el transporte de electrones del complejo III en la respiración y su actividad biológica esta principalmente orientada hacia la inhibición de la germinación, penetración y, con menor especificidad, en el crecimiento micelial del hongo, tiene el potencial de movimiento hacia el interior de las plantas y son localmente sistémicas (translaminares) (Wong, 2002), por lo que su eficacia se compara con lo obtenido con Mancozeb, ya que los resultados en campo, son muy similares en frutos de papaya, no hubo germinación de conidios ni lesiones hundidas típico de *C. gloesporoides*, en 20 días (Fig. 4D), estos productos fungicidas son de los más utilizados en campo en la zona de estudio.

CONCLUSIÓN

Los tratamientos con mayor eficacia fueron AuNPs (0.1%), CuNPs (0.1%), *Bougainvillea sp.* (33%), *Tagetes lucida* (0.1%) (aceite), por lo que pueden considerarse alternativas viables para el manejo de la fruta en campo y así darle mayor vida de anaquel y poder utilizarlos en programas de manejo integral para complementar y en un futuro sustituir a fungicidas de contacto y sistémicos convencionales como Clorotalonil y Azoxystrobin en campo.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal. Econ. Entomol.* 18: 256-267.
- Álvarez, M.A., and T.W. Nishijima. 1987. Postharvest diseases of papaya. *Plant Disease* 71:681-686.

Aguilar, M. M. A. 2013. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata: efecto sobre *Colletotrichum gloesporioides* (Doctoral dissertation).

Ávalos, G. A., Carril, E. P. U. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca* (Biología). 2(3): 119-145.

Barnett, H. L., y Hunter, B. B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. St. Paul, Minnesota, USA. The American Phytopathological Society.

Bailey, A.J., and J.M. Jeger. 1992. *Colletotrichum*: biology, pathology and control. British Society for Plant Pathology. C.A.B. International. 388 p.

Brody, AL, Bugusu, B, Han, JH, Sand, CK y McHugh TH. 2008. Scientific status summary. Innovative food packaging solutions. *J Food Sci.* 73: 107-116. doi: 10.1111/j.17503841.2008.00933.x.

Céspedes, M. 2005. Agricultura orgánica. Principios y prácticas de producción. Boletín INIA N° 131. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile. 131p. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33207.pdf>

Cristóbal, A. J.; Tun-Suárez, J. M. y Méndez-González, R. 2006. Prevención y control integral de enfermedades. *In*: paquete tecnológico de producción de papaya (*Carica papaya* L.), Cituk, C. D. E. SEP-Instituto Tecnológico de Conkal. 33-37 pp

Cituk, C.D.E., T.A.R. Trejo, L.G. Borgesm, M.F. Soria, y R.M. Arzápalo. 1996. Producción de papaya (*Carica papaya* L) variedad Maradol para Yucatan. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Centro de Investigaciones y Graduados Agropecuarios. 18 p.

Cioffi, N., Torsi, L., Ditaranto, N., Tantillo, G., Ghibelli, L., Sabbatini, L., Bleve-Zacheo, T., D'alessio, M., Zambonin, G., & Traversa, E. 2005.

Croplife Latin America. 2020. **Antracnosis, una enfermedad limitante para la producción de papaya. Costa Rica.** Recuperado de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listadode-plagas/antracnosis>

Dickman, M.B., A.M. Álvarez. 1983. Latent infection of papaya caused by *Colletotrichum gloesporioides*. *Plant Disease* 67: 748-750.

Duke, J. A. 2008. *Duke's handbook of medicinal plants of Latin America* CRC Press. USA. 685- 693 pp.

EDIS. 2020. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. University of Florida. IFAS Extension. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/fe917>

FAOSTAT. 2012. *Crop Production*. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> FAOSTAT. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.

Lira S, R, Méndez A, B., De los Santos V, G y Vera R, I. 2018. Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*. 24 p.

Lux Report. 2008. Nanomaterials state of the market: stealth success, broad impact. Disponible en: <http://portal.luxresearchin.com/research/document/3735>.

Mandujano, B.R.A. 1995. Conservación de la pureza genética del cultivar papaya “Maradol”, y su importancia en la propagación. En: Memoria de la Reunión técnica sobre cultivo de papaya roja en la Costa de Jalisco. Gobierno del Estado de Jalisco y S.D.R. 8-20 pp.

Merianos, J. J. 2001. Surface, active agents. En: Block, S. S. (ed.), *Disinfection, sterilization, and prevention*. 5. ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, P.A., USA.

Morones, J. R., Elechiguerra, J. L., Camacho, A., Holt, K., Kouri, J. B., Ramírez, J. T., & Yacaman, M. J. 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 16(10), 2346.

NUFARM. (2012). Mancozeb NUFARM 800 WP Ficha Técnica Comercial. Cali, Valle del Cauca. NUFARM Colombia S. A. Recuperado de https://cdn.nufarm.com/wpcontent/uploads/sites/47/2018/10/28213849/mancozeb_fi_cha_tecnica.pdf

Peña, I. 2008. Enfermedades virales en el cultivo de papayo (*Carica papaya* L.). *Revista CitriFruit*, 25:1.

Piao, MJ, Kang, KA, Lee, IK, Kim, HS, Kim, S, Choi, JY, Choi, J y Hyun JW. 2011. Silver nanoparticles induce oxidative cell damage in human liver cells through inhibition of reduced glutathione and induction of mitochondria-involved apoptosis. *Toxicol Lett.* 201: 92-100. doi: 10.1016/j.toxlet.2010.12.010.

Ren, M.; Yadav, A.; Gade, A. 2008. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances* 27(1):76-83.

Saravanakumar, D., Karthiba, L., Ramjegathesh, R., Prabakar, K., Raguchander, T. (2015). Characterization of bioactive compounds from botanicals for the management of plant diseases. En: Ganesan, S., Vadivel, K., Jayaraman, J. (Ed.). *Sustainable Crop Disease Management Using Natural Products*. Cabi.

Sanhueza, G. 2012. Determinación de resistencia de diez aislamientos de *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr., obtenidos de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), a cinco fungicidas. Tesis Licenciado Agronomía. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 38p.

Savage, N, Thomas, TA y Duncan JS. 2007. Nanotechnology applications and implications research supported by the US Environmental Protection Agency STAR grants program. J Environ Monit. 9: 1046-1054.

Sistema meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. (2019). *Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia*. Recuperado de

<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico/2020clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/TMAX/2019.pdf>

Stadnik, M. J.; V. Talamini. 2004. Legislação e uso de produtos naturais em países do Cone Sul. Manejo ecológico de doenças de plantas, Florianópolis, CCA/UFSC. pp. 63-82.

Soylu, S., H.Yigitbas, E.M. Soyly, S. Kurt, 2007. Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. Journal of Applied Microbiology 103: 1021–1030.

Syngenta, 2020. Antracnosis: el hongo desafiante para la papaya. Colombia. Recuperado de:

<https://www.syngenta.com.co/news/noticias/antracnosis-el-hongo-desafiante-parala-papaya>

Terry, L. A. and Joyce, D. C. 2004. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. Postharvest Biol. Technol. 32:1-13.

Observatory Nano. 2009. Nanotechnology in Agrifood sector. Market Report. Prepared by the technology centre ASCR. Disponible en: <http://www.observatorynano.eu/project/document/2545/>.

Undurraga, P.; Vargas, S. 2013. Manual del Arándano. Boletín INIA N° 263. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile. 120 p.

US Environmental Protection Agency (EPA). 2008. Pesticide reregistration status. URL: <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm>.

Wade A. and Weller P. 1994. Handbook of Pharmaceutical Excipients. American Pharmaceutical Association and Pharmaceutical Press. Second Edition.

World Health. 1999. Organisation recommended classification of pesticides by Hazard 1998/99 (ref:WHO/PCS/98.2), WHO, Geneva.

Capítulo XI

Disraeli Eron Moreno Guerrero¹, Libia Iris Trejo Téllez²,
Sara Monzerra Ramírez Olvera², Robert Vilchis Zimuta²

NÍQUEL AUMENTA EL PESO DE BIOMASA, Y MODIFICA LA CONCENTRACIÓN DE MACRO Y MICRO NUTRIMENTOS EN HOJAS FRESA (*Fragaria x ananassa* DUCH.)

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del níquel (Ni), en el peso de biomasa fresca y seca, así como la concentración de macro y micro nutrientes en hojas de plantas de fresa tratadas con níquel. Para lo cual, plantas de fresa c.v. Festival, se establecieron en un sistema hidropónico en invernadero, y se trataron vía foliar con 0, 1.6, 3.2 y 4.8 μM Ni, a partir de Sulfato de Níquel (NiSO_4). A los 56 días después de la aplicación de tratamientos, las plantas se cosecharon y se registró el peso de biomasa fresca, posteriormente se colocaron en una estufa de aire forzado por 72 h, y se registró el peso de biomasa seca. Después, el tejido seco de hojas se molió y se sometió a digestión ácida, y con extracto resultante se determinó la concentración de P, K, Ca y Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B, mediante espectroscopia de emisión atómica. En tanto que la concentración de N se determinó con el método semi micro Kjeldahl. La aplicación de níquel aumenta el peso de biomasa, y modifica la concentración nutricional en plantas de fresa.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of nickel (Ni) on the weight of fresh and dry biomass, as well as the concentration of macro and micro nutrients in leaves of strawberry plants treated with nickel. For which, strawberry plants c.v. Festival, were established in a hydroponic system in a greenhouse, and were treated by foliar application with 0, 1.6, 3.2 and 4.8 μM Ni, from

¹Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Correo electrónico: dmorenog@chapingo.mx; tlibia@colpos.mx; ramirez.sara@colpos.mx; vilchis.robert@colpos.mx.

Nickel Sulfate (NiSO₄). At 56 days after the application of treatments, the plants were harvested and the weight of fresh biomass was recorded, later they were placed in a forced air oven for 72 h, and the weight of dry biomass was recorded. Afterwards, the dried leaf tissue was ground and subjected to acid digestion, and with the resulting extract the concentration of P, K, Ca and Mg, Fe, Cu, Zn, Mn and B was determined by atomic emission spectroscopy. While the N concentration was determined with the semimicro Kjeldahl method. The application of nickel increases the biomass weight, and modifies the nutritional concentration in strawberry plants.

Palabras clave: Fresa, Níquel, Hidroponía, Invernadero, Nutrición Vegetal.

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), se ha establecido como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados. Se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y los Estados Unidos de América, si bien la fresa ocupa menos del 1% de la superficie total del país dedicada a la agricultura, la superficie del país destinada para el cultivo de fresa es de 13,374 hectáreas; superficie con la cual a finales del 2019 se produjeron cerca de 687,503 toneladas a nivel nacional, aunado a la generación de un importante número de empleos anuales y a las grandes inversiones que se canalizan para su producción, sobre todo si se considera que el cultivo de fresa es una de las actividades más costosas, pero también de las que más reditúan. México es el principal exportador de fresa al mercado de los Estados Unidos de Norteamérica (SIAP, 2020). Con respecto al término hidroponía deriva del griego “hydro” (agua) y “ponos” (trabajo o actividad) lo cual se traduce como “trabajo en agua” o “actividad en agua”. Se define a la hidroponía como un sistema de producción en el que las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte o la misma solución (Sánchez y Escalante, 1998).

La fresa es una especie muy exigente en cuanto a elementos nutritivos se refiere. Las cantidades de fertilizante extraídas por hectárea resultan ser las más altas entre las especies hortofrutícolas; debido a sus altos rendimientos, lo corto de su ciclo y lo poco profundo de sus raíces explota intensamente una pequeña capa de suelo (20 cm), requiriendo por consiguiente suelos fértiles y ricos en materia orgánica que constituya una fuente importante de nutrientes disponibles fácilmente (Bianchi, 1986); dependiendo de ésta para prolongar la permanencia del cultivo (Jurik *et al.*, 1982).

El níquel es un importante componente de varias enzimas como la ureasa, responsable de la hidrólisis de la urea. El amonio liberado por esta hidrólisis participa en varios procesos anabólicos, particularmente en la síntesis de la glutamina, una reacción crucial para asimilación del amonio (Seregin y Kozhevnikova, 2006). Una serie de experimentos con varias plantas han demostrado que el níquel y la ureasa son esenciales para las funciones vitales de las plantas y la deficiencia del contenido de níquel y la baja actividad de la ureasa dan como resultado un desorden en el metabolismo del nitrógeno y la acumulación a un nivel tóxico de urea en los brotes causando con esto síntomas que se manifiestan

como necrosis en las puntas de las hojas jóvenes o clorosis en hojas viejas (Yusuf *et al.*, 2011).

Se han realizado investigaciones donde se han evaluado los efectos de la absorción y acumulación de níquel en fresa, teniendo como antecedente que este se acumula en grandes cantidades en las raíces, pero se desconoce el efecto específico en la restante organografía de la planta. En años recientes se ha incrementado el interés por conocer los efectos de la absorción y acumulación de níquel en frutillas. El análisis químico del tejido vegetal es una herramienta que permite detectar su acumulación aun cuando no se presenten síntomas visuales en hojas, tallos o frutos. El caso del Níquel (Ni) este es absorbido activamente a través del plasmalema en forma iónica como Ni²⁺ (Streit y Stumm, 1993; Reid, 1998). Es esencial para el funcionamiento de la enzima ureasa, la cual es importante en la transformación del N en leguminosas (Brown *et al.*, 1988; Reid, 1998). El Ni no es requerido para la síntesis de la molécula proteica (Winkler *et al.*, 1983), pero si como cofactor y es esencial para la estructura y función catalítica de la enzima. Díaz *et al.* (2001), encontraron que la adición de 10 mg Ni L⁻¹ a la solución nutritiva tuvo efectos tóxicos, limitó el crecimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.) debido a la acumulación de 84.5 µg Ni g⁻¹ de peso seco en el follaje, las plantas produjeron pocos y pequeños granos por severas deficiencias de micronutrientes causadas aparentemente, por antagonismo con el Ni. La presente investigación se realizó con la hipótesis de que la aspersión del compuesto níquel en la solución nutritiva universal de Steiner tendrá un efecto positivo en los parámetros de crecimiento, concentración de macronutrientes y de nitratos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Festival, bajo un sistema de producción hidropónico en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo de febrero a junio del año 2019 en el invernadero tipo capilla del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el Campo

Agrícola Experimental “Xaltepa” Estado de México, localizado a 19°27’58” latitud norte, 98°51’14” longitud oeste, a una altitud de 2250 m. De acuerdo con García (1988), el clima reportado para la estación Chapingo es Cb (wo) (W) (i¹) g, el cual corresponde a los templados, siendo este el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano el cual es largo y fresco, poca oscilación térmica, marcha de temperatura tipo Ganges. La precipitación media anual es de 636.5 mm.

Sustrato

Para establecer el almácigo se utilizó sustrato tipo turba de la marca KEKKILA®. En los contenedores (Bolsas Negras de 30 x 30 cm) se utilizó tezontle rojo, el cual se cribó para obtener un tamaño de partícula de 3 a 5 mm de diámetro.

Material vegetal

Se utilizaron plantas de fresa cultivar Festival®. Este cultivar fue seleccionado debido a que en años recientes ha sido ampliamente utilizado en varias regiones freseras de México, en particular en la zona de Irapuato, Guanajuato obteniendo buenos rendimientos.

Establecimiento de los sistemas de producción

Se estableció un sistema de producción en hidroponía, el cual conformo el tratamiento de evaluación.

Sistema de producción en macetas (30 x 30 cm) con tezontle.

Consistió en llenar bolsas negras para vivero 30 x 30 cm con arena de tezontle, consiguientemente se aplicó una dosis de 2 mL L⁻¹ de sales cuaternarias de amonio para esterilizar el sustrato.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, teniendo un experimento, con 4 tratamientos y con 3 repeticiones en una modalidad de sistemas de producción hidropónica. La unidad experimental fue una planta de fresa establecida en una bolsa de polietileno de 30 x 30 cm en un sistema de producción hidropónico abierto.

Manejo del experimento

La nutrición de las plantas de fresa se realizó con base en la solución nutritiva universal de Steiner (1984). La cual en forma completa está constituida en meq L⁻¹ por 12 de NO³⁻, 1 de H₂PO₄⁻, 7 de SO₄⁻², 7 K⁺, 9 de Ca⁺² y 4 de Mg⁺²; misma que se utilizó en un 50% de su concentración una vez realizado el primer trasplante en vaso del número cero. Empleándose durante los siguientes 15 días previos al trasplante definitivo, que se llevó a cabo un mes después de la siembra. Para el tratamiento en macetas, las plantas se colocaron en bolsas para vivero 30 x 30 cm a una distancia de 30 cm entre plantas e hileras. Una vez realizado el trasplante, se trabajó con la solución nutritiva Universal de Steiner, concentrada al 100% hasta el momento de la cosecha. El pH de la solución nutritiva se mantuvo en un rango entre 6 y 7; y una conductividad eléctrica entre 2 y 2.5 dS m⁻¹. De esta manera, se realizaron mediciones de pH y CE dos veces por semana. Para la medición de pH, se emplearon diferentes medidores tales como barras indicadoras de pH, potenciómetro combo de la marca HANNA®, se emplearon también un medidor de pH y C.E. de la marca OAKTON® y se llevaron a cabo los ajustes necesarios con ácido fosfórico (H₃PO₄) al 85 %. Los tratamientos que consistieron en 0, 1.6, 3.2 y 4.8 µM Ni, a partir de Sulfato de Níquel (NiSO₄), se aplicaron vía foliar cada 7 días, durante 56 días.

Control fitosanitario

Durante el desarrollo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) fue necesario una aplicación preventiva de Leverage® para el control de pulgón (*Myzus persicae*) y mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

Tabla 1. Aplicación de agroquímicos

Producto	Dosis del producto	Organismo plaga objetivo
Leverage®	2 mL L ⁻¹	Mosquita Blanca y pulgones

VARIABLES EVALUADAS

Las plantas de fresa se retiraron de las macetas contenedoras, posteriormente se enjugaron con agua destilada, y se separaron en hojas y raíz. Después, se registró el peso de biomasa fresca de cada órgano, en una balanza analítica. Enseguida, las hojas y raíces de cada tratamiento se secaron en una estufa de aire forzado (Rioissa HCF-125; Monterrey, México) a 72 ° C durante 72 h. Y se determinó el peso el peso de biomasa seca.

En tanto, que las concentraciones de macro y micronutrientes se determinaron en tejido seco de hojas, de las cuales se tomaron 0.25 g de muestra, y se sometieron a digestión húmeda con la mezcla 2:1, de H₂SO₄: HClO₄. Posteriormente, el extracto resultante se aforó a 25 mL, con agua desionizada se filtró, y se determinó la concentración de P, K, Ca y Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B, en un espectrofotómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (Varian ICP OES 725-ES; Mulgrave, Australia). Mientras que la concentración de N, se evaluó por el método método micro-Kjeldahl.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza con el procedimiento ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey (Tukey, P≤0.05%), para lo cual se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, Institute, 2006; Cary, NC, USA).

RESULTADOS

La aplicación de 1.6, 3.2 y 4.8 µM Ni a plantas de fresa, mejoró significativamente el peso de biomasa fresca de hojas en más del 100%, mostrando el mejor efecto la concentración 1.6 µM Ni (**Figura 1**). De manera coincidente, se ha informado que la concentración 10 µM Ni, mejora el crecimiento de plantas y la acumulación de biomasa (Gajewska *et al.*, 2008). Relacionado a su vez con la participación de Ni en el funcionamiento correcto de enzimas de importancia en el crecimiento y desarrollo de plantas (Shahzad *et al.*, 2018). Por otro lado, la aplicación de Ni, en las tres concentraciones evaluadas no modificó el peso de biomasa fresca de raíz (**Figura 2**).

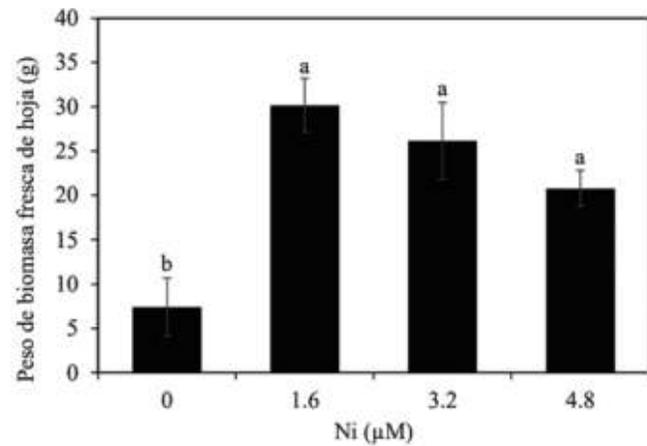


Figura 1. Peso de biomasa fresca de hojas de plantas de fresa tratadas con níquel

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

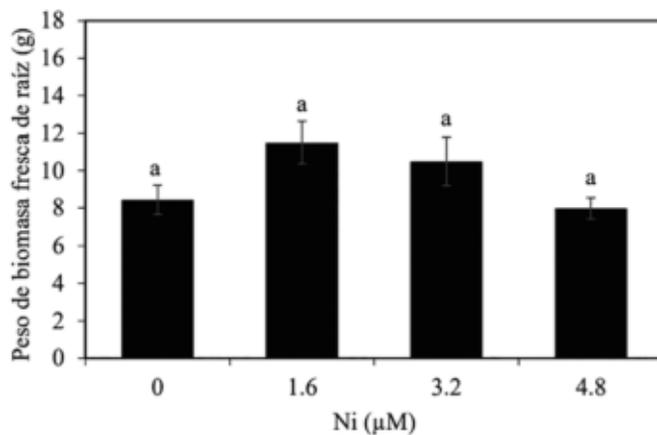


Figura 2. Peso de biomasa fresca de hojas de plantas de fresa tratadas con níquel

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

El peso de biomasa seca de hoja aumentó en más del 100% con la adición de 1.6, 3.2 y 4.8 μM Ni (**Figura 3**). En tanto, que no se modificó el peso de biomasa seca de raíz (**Figura 4**). **Figura 3. Peso de biomasa seca de hojas de plantas de fresa tratadas con níquel**

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

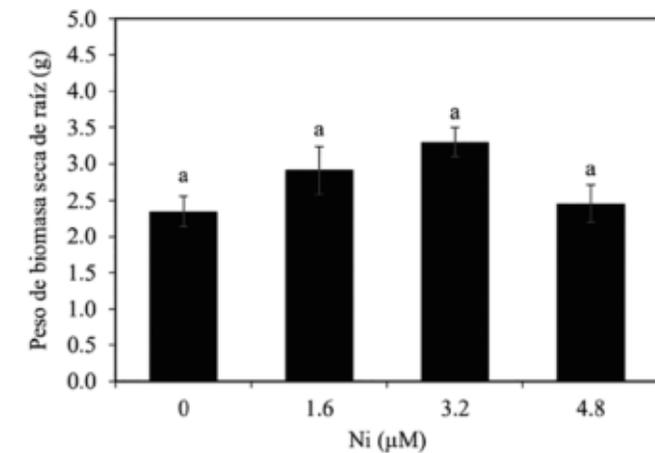


Figura 3. Peso de biomasa seca de raíz de plantas de fresa tratadas con níquel

Medias ± DE con letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey $P \leq 0.05$).

Respecto a la concentración de macronutrientes en hoja, la aplicación de 1.6, 3.2 y 4.8 μM Ni no modificó significativamente la concentración de P y Ca. En tanto que su aplicación redujo la concentración de K en 31.05, 23.93 y 22.51% respectivamente, en relación al tratamiento testigo. Mientras que el tratamiento 3.2 μM Ni, disminuyó en 21.16% la concentración de N. De manera similar, la adición de 1.6 y 3.2 μM Ni redujo la concentración de Mg en 11.63 y 15.12% (Cuadro 1). Al respecto se ha informado que el Ni reduce la absorción de otros nutrientes, debido a la competencia con los sitios de unión, debido a su vez por los radios iónicos similares entre Ni y otros elementos (Chen *et al.*, 2009). Así también, en algunas plantas altera la composición de la membrana por tanto la absorción de nutrientes (Shahzad *et al.*, 2018).

Tabla 2. Concentración de macronutrientes en hojas de fresa tratadas con níquel

Ni (μM)	Concentración nutricional (g kg ⁻¹ PBS)				
	N	P	K	Ca	Mg
0	17.63 ± 0.51 a	2.43 ± 0.17 a	11.70 ± 0.80 a	6.20 ± 0.32 a	2.87 ± 0.06 a
1.6	14.93 ± 0.20 ab	1.77 ± 0.15 a	8.07 ± 0.40 b	6.23 ± 0.21 a	2.53 ± 0.05 b
3.2	13.90 ± 1.14 b	1.60 ± 0.30 a	8.90 ± 0.34 b	6.03 ± 0.26 a	2.43 ± 0.01 b
4.8	16.47 ± 0.30 ab	1.97 ± 0.11 a	9.07 ± 0.22 b	6.43 ± 0.36 a	2.83 ± 0.03 a

Medias ± DE con letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Duncan, $P \leq 0.05$). PBS: Peso de Biomasa Seca.

Respecto a la concentración de micronutrientes en hojas, la aplicación de 1.6, 3.2 y 4.8 μM Ni no modificó la concentración de Cu y Zn. Mientras que 3.2 μM Ni redujo la concentración de Fe en 40.65%. Por otro lado, la adición de 1.6 μM Ni incremento en 36.34%, y 4.8 μM Ni aumentó en 28.18% la concentración de B en raíz (Cuadro 2). De manera similar se ha indicado que el Ni modifica la concentración de Fe en plantas de raigrás (*Lolium perenne*) (Khalid y Tinsley, 1980). Así mismo, a concentraciones entre 1 y 10 μM Ni, no se tienen efectos en la concentración de nutrientes (Barsukova y Gamzikova, 1999). Mientras que ha concentraciones mayores, se presentan otros efectos, hasta obtener dosis tóxicas, las cuales están relacionadas con la sobreproducción de especies reactivas (Page y Feller, 2005).

Tabla 3. Concentración de micronutrientes en hojas de fresa tratadas con Ni

Ni (μM)	Concentración nutricional (g kg^{-1} PBS)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
0	140.10 \pm 5.88 a	4.90 \pm 0.73 a	14.55 \pm 1.88 a	30.93 \pm 1.69 b	46.73 \pm 0.34 b
1.6	149.93 \pm 4.53 a	4.00 \pm 0.44 a	14.07 \pm 0.36 a	42.17 \pm 3.16 a	50.27 \pm 0.93 ab
3.2	83.15 \pm 10.22 b	5.35 \pm 0.39 a	13.23 \pm 1.17 a	36.10 \pm 0.45 ab	50.10 \pm 2.44 ab
4.8	137.60 \pm 11.59 ab	5.67 \pm 0.62 a	12.60 \pm 1.21 a	29.15 \pm 0.38 b	59.90 \pm 4.10 a

Medias \pm DE con letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Duncan, $P \leq 0.05$). PBS: Peso de Biomasa Seca.

CONCLUSIONES

La aplicación de Ni a plantas de fresa aumenta el peso de biomasa fresca y seca de hojas, sin modificar el peso de biomasa seca. En tanto, que su aplicación reduce la concentración en hojas de los nutrientes N, K, Mg y Fe, e incrementa la concentración de Mn, B y no modifica concentración de P, Ca, Cu y Zn.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

LITERATURA CITADA

- Bianchi, P.G. (1986). Guía Completa del Cultivo de Fresas. 1a ed. Editorial De Vecchi, España. 57p.
- Brown, P. H., R. M. Welch, And E. E. Cary. (1988). Nickel: a micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiol.* 85:801-803.
- Chen, C., Huang, D., & Liu, J. (2009). Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 37(4-5), 304-313.
- Díaz, A. L., M.U. Larqué, G. Alcántar., A. Vázquez, F.V. González, Y R. Carrillo. (2001). Acumulaciones tóxicas del níquel en el crecimiento y la nutrición de trigo. *Terra*. 19:199209.
- Gajewska, E. and Skłodowska, M. (2008). Differential biochemical responses of wheat shoots and roots to nickel stress: antioxidative reactions and proline accumulation. *Plant Growth Reg.* 54(2):179-188.
- García E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4o edición.
- Jurik, T. W.; Chabot, J. F.; Chabot, B.F. (1982). Effects of light and nutrients on leaf size, CO_2 exchange, and anatomy in wild strawberry (*Fragaria virginiana*). *Plant Physiology*. 70: 1044-1048.
- Khalid, B. Y., & Tinsley, J. (1980). Some effects of nickel toxicity on rye grass. *Plant and Soil*, 55(1), 139-144.
- Page, V., & Feller, U. (2015). Heavy metals in crop plants: transport and redistribution processes on the whole plant level. *Agronomy*, 5(3), 447-463.
- Reid, K. (ED.). (1998). Soil fertility handbook. Ministry of Agriculture, Food and Affairs. The Fertilizer Institute of Ontario Inc. Publication 611. Toronto, Ontario.
- Sánchez, Del. C. F.; Escalante, R. E. R (1998). Hidroponía. Principios y métodos de cultivo. Dirección General de Patronato Universitario. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p
- Sas Institute Inc. (2006). SAS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 6.10, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Seregin, I. V. & Kozhevnikova, A. D. (2006). Physiological Role of Nickel and Its Toxic Effects on Higher Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2006, Vol. 53, No. 2, pp. 257– 27
- Shahzad, B., Tanveer, M., Hassan, W., Shah, A. N., Anjum, S. A., Cheema, S. A., & Ali, I. (2016). Lithium toxicity in plants: Reasons, mechanisms and remediation possibilities–A review. *Plant*

Physiology and Biochemistry, 107, 104-115.

Shahzad, B., Tanveer, M., Rehman, A., Cheema, S. A., Fahad, S., Rehman, S., & Sharma, A. (2018). Nickel; whether toxic or essential for plants and environment-A review. *Plant Physiology and Biochemistry*, 132, 641-651.

Siap. (2020). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SAGARPA). Consultada en <http://www.siacon.sagarpa.gob.mx>, Febrero de 2020.

Streit, B. and W. Stumm. (1993). Chemical properties of metals and the process of bioaccumulation interrestrial plants. In: *Plants as biomonitors. Idicators for heavy metals in terrestrial environment*. Ed. B. Markert. VCH. Federal Republic of Germany. Pp: 31-35.

Yusuf, M., Fariduddin, Q. Hayat, S. And Ahmad, A. (2011). Nickel: An Overview of Uptake, Essentiality and Toxicityin Plants *Bull Environ Contam Toxicol* (2011) 86:1–17

Winkler. R. G., J. C. Polacco., D. L. Eskew., And R. M. Welch. (1983). Nickel is not required for apo-ureasa synthesis in soybean seed. *Plant Physiol.* 72: 262-263.

Consejo Arbitral	
Dr. En C. Ernesto Bravo Benitez Instituto de Investigaciones Económicas UNAM	Dr. Roberto Arpi Mayta Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú
Dra. Martha Marivel Mendoza Ontiveros Universidad Autónoma del Estado de México	Dr. Edmar Salinas Callejas UAM-Azcapotzalco
PhD Miguel Ángel Martínez Damián Colegio de Postgraduados	Dr. Samuel Rebollar Rebollar Universidad Autónoma del Estado de México
Dra. Ma. Teresa Pérez Soto Universidad Autónoma de Morelos	PhD Lorenzo Irineo López Cruz Universidad Autónoma Chapingo
Dr. Jorge Cortés Carreño Universidad Autónoma Chapingo	Dra. Laura Elena Garza Bueno Colegio de Postgraduados
PhD Pablo Emilio Escamilla García Instituto Politécnico Nacional	

Factores de la Producción Agrícola,
se publicó en enero de 2022
Para su composición se emplearon las fuentes
Times New Roman
Franklin Gothic Medium Cond
Diseño editorial: linkverde2004@yahoo.com.mx
El cuidado de la edición estuvo a cargo
de Francisco Pérez Soto