

Fertilización orgánica de mango Haden en Lombardía Michoacán

Organic fertilization of Haden mango in Lombardía Michoacán

Miranda-Ramírez, J.M.¹ , Perales-Segovia, C.^{2*} , Del Val-Díaz, R.³ ,
Perales-Aguilar, L.² 

¹ Tecnológico Nacional de México / ITS de Apatzingán, km 3.5 carretera Apatzingán-Aguililla, C.P. 60710, Apatzingán, Michoacán, México.

² Tecnológico Nacional de México / IT El Llano Aguascalientes, Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, CP 20330, Aguascalientes, México.

³ Tecnológico Nacional de México / IT de Coalcomán, Av. Tecnológico # 371 Col. Emiliano Zapata, C.P. 60840, Coalcomán, Michoacán, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Miranda-Ramírez, J.M., Perales-Segovia, C., Del Val-Díaz, R., Perales-Aguilar, L. (2024). Organic fertilization of Haden mango in Lombardía Michoacán. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1579. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1579>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: October 12th 2023.

Accepted/Aceptado: January 24th 2024.

Available on line/Publicado: February 23th 2024.

RESUMEN

La nutrición mineral adecuada en el cultivo de mango es muy importante para obtener un buen rendimiento. Se evaluaron diferentes tipos de biofertilizantes para la producción agrícola de mango Haden en el municipio de Lombardía Michoacán, México. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con igual número de unidades experimentales por tratamiento, constituido por diez árboles y seis tratamientos evaluados con base en biofertilizantes elaborados de manera artesanal y nueve variables de estudio. En el análisis estadístico, se realizó la prueba de normalidad y homocedasticidad de los datos de las varianzas, análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$). Se encontró para el biofertilizante con base en lombricompost mineralizada al 20 %, en dosis de 50 kg por árbol y aplicación foliar de humus líquido de lombriz al 2 % + ácido glutáminico al 99 % 0.5 g L^{-1} un número de inflorescencias de $12,30 \text{ m}^{-2}$ con un rendimiento de $2,15 \text{ t ha}^{-1}$ y para el testigo un número de inflorescencias de $3,80 \text{ m}^{-2}$ con un rendimiento de 0.15 t ha^{-1} . El criterio de selección para utilizar cualquier biofertilizante se sustenta en la disponibilidad de las materias primas para su elaboración y el periodo de tiempo requerido para su fermentación.

PALABRAS CLAVE: Microorganismos, súper magro mejorado, bocashi, minerales, rendimiento.

*Corresponding Author:

Catarino Perales Segovia. Tecnológico Nacional de México / IT El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, CP 20330, Aguascalientes, México. Teléfono: +52 449 962 1100.

E-mail: catarino.ps@llano.tecnm.mx

ABSTRACT

Adequate mineral nutrition in mango cultivation is crucial for achieving a good yield. Different types of biofertilizers were evaluated for the agricultural production of Haden mango in the municipality of Lombardía Michoacán, Mexico. A completely randomized experimental design was employed, with an equal number of experimental units per treatment, consisting of ten trees and six treatments evaluated based on homemade biofertilizers and nine study variables. In the statistical analysis, a normality and homoscedasticity test of variance data, analysis of variance, and mean comparison test (Tukey, $p \leq 0.05$) were conducted. For the biofertilizer based on 20 % mineralized vermicompost, at a dose of 50 kg per tree and foliar application of 2 % liquid worm humus + 99 % glutamic acid 0.5 g L^{-1} , a number of inflorescences of 12.30 m^{-2} with a yield of 2.15 t ha^{-1} were found, while the control had a number of inflorescences of 3.80 m^{-2} with a yield of 0.15 t ha^{-1} . The selection criterion for using any biofertilizer is based on the availability of raw materials for its preparation and the time required for fermentation.

KEY WORDS : Microorganisms, improved supermagro, bocashi, minerals, yield.

Introducción

En el mundo se siembran de 5 millones 522 mil 993 ha de mango con una producción anual de 54,83 millones de t (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura División de Estadística [FAOSTAT], 2022). De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural por medio del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera en México se cultivan las variedades Haden, Tommy Atkins, y en menor proporción Ataulfo, Kent, Keit, Oro y Manila entre otras (SADER-SIAP, 2022). Se tiene una superficie establecida de alrededor de 207 mil ha y los cinco principales estados productores son Chiapas con 38 775; Sinaloa 34 560; Nayarit 28 329; Guerrero 27 001 y Michoacán 26 224 ha. Este último estado, representa el 12,66 % de la superficie nacional, con una producción aproximada de 180 mil t anuales que generan una derrama económica de 55,47 millones de dólares al año.

En Michoacán, en el municipio de Lombardía, se encuentra la mayor superficie establecida de mango con 4 597 hectáreas y su rendimiento promedio anual es de $6,03 \text{ t ha}^{-1}$. Es importante señalar que la mayoría de las familias que viven en este municipio, dependen principalmente del ingreso por 5,54 millones de dólares que genera anualmente este cultivo. Aunado a esto, en los últimos diez años la superficie establecida en el municipio se ha mantenido constante dentro un rango de las 4 300 a 4 500 ha (SADER-SIAP, 2022). También se destaca, que en 2021 los

fertilizantes incrementaron su precio hasta en un 100 %, tal es el caso de la urea que actualmente cuesta alrededor de los MNX \$ 24 mil pesos t.

Asimismo, la mayor parte de la superficie establecida en el municipio corresponde a la variedad Haden con 2 973 ha (SADER-SIAP, 2022). Los productores aseguran que la mayoría de los costos de producción van en relación con la fertilización durante el proceso de producción y son del orden del 60 % aproximadamente. Por lo general el tipo de producción es convencional, lo cual ha traído como consecuencia un desbalance del estatus nutricional del suelo y un cultivo dependiente de los fertilizantes. Sin duda es un tema complejo; por una parte, los incrementos de precios en los fertilizantes representan una limitante para el desarrollo de la agricultura en la región, pues los productores han experimentado una merma en sus márgenes de utilidades. Además, existe el desconocimiento del estatus actual del suelo resultando en una pobre respuesta a la aplicación de los fertilizantes, un dispendio económico y el deterioro del ambiente.

El aspecto nutricional en la producción de mango juega un papel muy importante en la productividad. Galán-Sauco (2009) señala, que existen escasos estudios efectuados sobre extracciones de cosecha en mango y que además arrojan resultados distintos según los cultivares y emplazamientos. En la región de Lombardía, los productores utilizan aplicaciones foliares de fertilizante como el nitrato de potasio, fosfonitrato, urea en combinación con el fosfato mono amónico (MAP) para la inducción a floración de manera empírica, y también realizan aplicaciones al suelo de estos fertilizantes. Lo anterior es una tecnología que lleva aproximadamente 40 años utilizándose y que hoy en día debe valorarse debido a los costos de operación tan altos que se generan y al daño que ocasionan al ambiente y en específico al suelo. García-Galindo *et al.* (2020) resaltan que actualmente los fertilizantes de síntesis química se dosifican y aplican a suelos de forma incorrecta empleando cantidades elevadas con poca eficiencia, causando problemas de salinidad y contaminación de suelos. Por su parte, Arce-Quesada (2020) reporta que los productos obtenidos de manera convencional presentan mayor costo total de producción con relación a los productos orgánicos, esto debido a la demanda y compra de insumos, mientras que la producción orgánica propone baja dependencia de compra de insumos externos. Es importante voltear a ver otras tecnologías de producción más sustentables para solventar la necesidad de la nutrición del cultivo, como lo es el uso de los biofertilizantes.

Con relación al rendimiento del cultivo, algunos productores de la región de Lombardía Michoacán reportan rendimientos aproximados de 8 t ha⁻¹ al año de la variedad Haden, bajo un esquema de producción más sustentable y sin un exceso de aplicaciones de insecticidas químicos, solamente con inducción a floración aplicando nitrato de potasio vía foliar al 1 %. En el mismo sitio, también se reportan rendimientos de 5,80 t ha⁻¹ anualmente, producidas de manera orgánica (SADER-SIAP 2022), sin utilizar tecnologías de vanguardia durante el proceso de producción, simplemente con la aplicación de estiércol de vaca sin pre composteo en dosis de 30 kg árbol⁻¹, alrededor de la copa y con la mínima aplicación de repelentes de insectos para el control de algunas plagas, principalmente de trips.

Existen estudios interesantes con relación a las evaluaciones de fertilización en el cultivo de mango en diferentes lugares, tal es el caso de Ordaz-Gallegos *et al.* (2020) quienes realizaron

una investigación en Michoacán, México sobre la calidad del suelo en tres huertos de mango Kent y Haden con árboles entre 11 y 30 años: 1) órgano-mineral (se aplican dosis bajas de fertilizante y se realizan algunas enmiendas orgánicas), 2) orgánico (biofertilización al suelo y foliar, compostas, cenizas, tierras diatomeas y corredores agroecológicos con más de tres especies) y 3) convencional (su mayor incorporación es mediante fertilización química, aplicación de pesticidas, sin enmiendas orgánicas); reportaron para el huerto orgánico una productividad alta (20 t ha⁻¹) con valores en el suelo de 3.5 % de MO; 1.13 % de N; 9.81 g kg⁻¹ de P; en el órgano-mineral 4.66 % de MO; 1.59 % de N; 16.48 g kg⁻¹ de P y convencional 2.82 % de MO; 0.95 % N; 8.54 g kg⁻¹ de P estos dos últimos con una productividad media.

En Veracruz, México, Peralta-Antonio *et al.* (2015) evaluaron los fertilizantes orgánicos lombricompost, bocashi, gallinaza a 10 y 5 t ha⁻¹ y las dosis 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK por árbol sobre la nutrición foliar de mango Manila Cotaxtla 2, Tommy Atkins y Ataulfo. Midieron las concentraciones foliares de N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn y Cu. Encontraron previo a la floración en g 100g⁻¹ ms, que Tommy Atkins mostró la mayor concentración de N con 1.36, Manila Cotaxtla 2 la mayor concentración de K 1.20 y Mg 0.09 y Ataulfo la mayor concentración de Ca 0.71. Previo a la cosecha en las mismas unidades, Manila Cotaxtla 2 mostró la mayor concentración de N 1.48, Tommy Atkins la mayor concentración de K 2.19, Ataulfo la mayor concentración de Ca 0.83 y Mg 0.10. Respecto a las fuentes de fertilización y previo a floración en g 100 g⁻¹ ms, el N solo mostró diferencias en lombricompost y bocashi a 10 t ha⁻¹ con valores numéricos de 1.39 y 1.28 respectivamente que fueron superiores a lombricompost 5 t ha⁻¹ con 1.27. En el K los tratamientos de bokashi 10 t ha⁻¹, 230-0-0 g de N-P-K por árbol, gallinaza y bokashi 5 t ha⁻¹ y testigo fueron distintos. Para Ca y Mg todos los tratamientos fueron iguales. Previo a cosecha en g 100g⁻¹ ms, para con N para los tratamientos gallinaza 10 t ha⁻¹, 230-0-300 g de N-P-K por árbol, 230-0-0 g de N-P-K por árbol, gallinaza 5 t ha⁻¹, bokashi 5 t ha⁻¹ y testigo, fueron iguales. Para el K y P no hubo diferencias, y para el Mg los tratamientos de lombricompost, bokashi y gallinaza 10 t ha⁻¹, 230-0-300 g de N-P-K por árbol, lombricompost, bokashi y gallinaza 5 t ha⁻¹ fueron diferentes con 0.09, 0.10, 0.08, 0.09, 0.08, 0.10 y 0.10 respectivamente. Por último, concluyeron que las diferencias en las concentraciones de N y K entre los cultivares podrían estar relacionadas con la capacidad de extracción nutrimental de cada cultivar y por las condiciones del cultivo.

Corrales-Garriga *et al.* (2003) condujeron un experimento dónde estudiaron dosis de humus de lombriz [HL] a 0, 10, 20 y 30 kg por planta; todas combinadas con el 0, 50 y 100 % de fertilizante mineral [FM], sobre el rendimiento del mango y la calidad del fruto, en un suelo alféxico de baja densidad, plantado con la variedad Super-Haden de diez años de edad y en condiciones de secano en la provincia de Camagüey, Cuba. Reportaron los mayores rendimientos para los tratamientos con interacción [HL + FM], fueron HL (10 % kg planta) + FM al 100 % (508-90-330 g planta) con 190 frutos y 1.30 kg de peso promedio de fruto; HL (10 % kg planta) + FM al 50 % (254-45-165 g planta) con 180.7 frutos y 1.30 kg de peso promedio de fruto. Los tratamientos con HL (30 kg planta) sin FM obtuvieron un valor de 53.3 frutos y 1.05 kg de peso promedio de fruto y el testigo con 63.3 frutos y 0.81 kg de peso promedio de fruto. Los tratamientos con mayor contenido de SST fueron HL (10 kg planta) + FM al 100 % (508-90-330 g planta) con 16.2 % de SST y HL (10 % kg planta) + FM al 50 % (254-45-165 g planta) con 15.4 % SST. Los tratamientos que tuvieron mayor efecto en el

contenido de MO en el suelo fueron HL (30 kg planta) +(508-90-330 g planta) con 3.61 % y (30 kg planta) + FM al 50 % (254-45-165 g planta) con 3.53 %.

El objetivo del presente estudio fue evaluar en campo diferentes tipos de biofertilizantes para la producción de mango Haden en el municipio de Lombardía Michoacán, México.

Material y Métodos

Sitio del experimento

El estudio se estableció a los 19° 08' 20.5" de latitud N, 102° 02' 35.1" de longitud O y altitud 597 masl (Google Earth, 2022), en el municipio de Lombardía, Michoacán. La ubicación corresponde a una depresión tropical entre los ejes montañosos, que lo limitan al norte y al sur con el eje neovolcánico y la Sierra Madre del Sur del Pacífico, México (García, 1987). El tipo de suelo es vertisol pélico arcilloso, con tipo de clima seco BS1, cálido semiseco (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2022), y temperatura media anual de 28 °C y 1,000 mm anuales de precipitación (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2022).

Caracterización del huerto

El huerto experimental se caracterizó por tener árboles de mango de la variedad Haden, de 22 años, con porte alto de aproximadamente 14 m de altura, riego por gravedad, suelo cubierto con vegetación endémica de la región y prácticas de cultivo con maquinaria y equipo agrícola tradicional. El marco de plantación de 10 x 10 m y la densidad poblacional de 100 árboles ha⁻¹, en una superficie total de 10 ha.

Manejo agronómico del huerto

Como punto de referencia se realizó un análisis de la fertilidad del suelo, previo al establecimiento del experimento y se envió a un laboratorio certificado. Con base en esto, se determinó la dinámica nutrimental del cultivo y posteriormente se prepararon los tratamientos de manera artesanal y se aplicaron de forma manual al suelo en la zona de goteo de los árboles.

La plantación se sometió a estrés hídrico durante ocho semanas en los meses de octubre y noviembre de 2022, con la finalidad de inducir a floración. Posteriormente se aplicaron los tratamientos y enseguida se inició con los riegos. Las láminas de riego se determinaron de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo, con relación al clima y el suelo con intervalos de cada 15 días y lámina de riego fue de 11 a 15 cm de diciembre a junio. El consumo de agua se calculó por el método práctico, con datos del Distrito de Riego 097 "Lázaro Cárdenas" de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tomando en cuenta la evapotranspiración de referencia y el coeficiente de cultivo.

El manejo fitosanitario se realizó de acuerdo al programa del productor. Se aplicó azufre humectable en polvo al 98.5 % vía foliar en dosis de 5 g L⁻¹ para prevenir la cenicilla (*Oidium mangiferae*) aunque no se presentaron enfermedades fungosas, y con relación a plagas, solamente se presentaron trips (*Franklinella occidentalis*) y se aplicó extracto de ajo en dosis de 5 mL L⁻¹ al follaje.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con igual número de unidades experimentales por tratamiento. Cada tratamiento constituido por diez árboles que a su vez conformaron una hilera. Cada árbol fue una unidad experimental, con seis tratamientos y un total 60 árboles muestreados.

Tratamientos

Se evaluaron las siguientes fuentes de fertilización:

T1) Lombricompost mineralizada al 20 % con harina de roca fosfórica, en dosis de 50 kg árbol⁻¹ y aplicación foliar de humus líquido de lombriz al 2 % (lixiviado producido artesanalmente) la composición química fue: pH 7.8, NH₄ 28 ppm, NO₃ 620 ppm, N total 728 ppm, P 46 ppm, K 400 ppm, SO₄²⁻ 160 ppm, Ca 119 ppm y Mg 30 ppm + Glutamic-Green 99 % de Green Smport Solutions (ácido glutáminico al 99 %), en dosis de 0.5 g L⁻¹ + adherente Inex-A[®] de Cosmocel (alcohol graso etoxilado 20.2 %, polidimetilsiloxano 1.0 %) 1 mL L⁻¹.

T2) Lombricompost sin mineralizar en dosis de 25 kg árbol⁻¹ + fertilizante fosfonitrato (NH₄ 15.5 %, NO₃ 15.5 % y P₂O₅ 4.0 %) de Tepeyac[®], 2 kg árbol⁻¹ y aplicación foliar de humus líquido de lombriz al 1 % (lixiviado producido artesanalmente) la composición química del lixiviado fue: pH 7.8, NH₄ 28 ppm, NO₃ 620 ppm, N total 728 ppm, P 46 ppm, K 400 ppm, SO₄²⁻ 160 ppm, Ca 119 ppm y Mg 30 ppm + Floramin de Química SAGAL, S.A de C.V (fertilizante foliar líquido a base de aminoácidos 30 %, P 15 %, K 16 %, Fe 420 mg L⁻¹, Zn 2,490 mg L⁻¹, Mn 590 mg L⁻¹, Cu 550 mg L⁻¹, Mg 510 mg L⁻¹, Mo 53 mg L⁻¹, B 367 mg L⁻¹, vitaminas 40 mg L⁻¹) en dosis de 2 mL L⁻¹ + adherente Inex-A[®] de Cosmocel (alcohol graso etoxilado 20.2 %, polidimetilsiloxano 1.0 %) 1 mL L⁻¹.

T3) Fertilizante fosfonitrato (NH₄ 15.5 %, NO₃ 15.5 % y P₂O₅ 4.0 %), 4 kg árbol⁻¹ + aplicación foliar de Floramin de Química SAGAL, S.A de C.V (fertilizante foliar líquido a base de aminoácidos 30 %, P 15 %, K 16 %, Fe 420 mg L⁻¹, Zn 2,490 mg L⁻¹, Mn 590 mg L⁻¹, Cu 550 mg L⁻¹, Mg 510 mg L⁻¹, Mo 53 mg L⁻¹, B 367 mg L⁻¹, vitaminas 40 mg L⁻¹) en dosis de 4 mL L⁻¹ + adherente Inex-A[®] de Cosmocel (alcohol graso etoxilado 20.2 %, polidimetilsiloxano 1.0 %) 1 mL L⁻¹.

T4) Super Magro Reforzado SMR (abono líquido preparado artesanalmente con base en suero de leche, agua, melaza y elementos menores Fe, Zn, B, Mg, Mn, CoCl₂, Na₂MoO₄ mediante un proceso de fermentación anaeróbico) 20 L árbol⁻¹ + aplicación foliar de SMR al 2 % + adherente Inex-A[®] de Cosmocel (alcohol graso etoxilado 20.2 %, polidimetilsiloxano 1.0 %) 1 mL L⁻¹.

T5) Biofertilizante Bocashi (biofertilizante preparado artesanalmente con base en tierra de arcilla, cascarilla y pulidura de arroz, melaza, levadura y estiércol de res), 20 kg árbol⁻¹ + aplicación foliar de ácidos húmicos al 60 % y fúlvicos 4 mL L⁻¹ + adherente Inex-A[®] de Cosmocel (alcohol graso etoxilado 20.2 %, polidimetilsiloxano 1.0 %) 1 mL L⁻¹.

T6) Testigo, agua + adherente Inex-A[®] de Cosmocel (alcohol graso etoxilado 20.2 %, polidimetilsiloxano 1.0 %) 1 mL L⁻¹.

Los biofertilizantes fueron aplicados al suelo manualmente alrededor de la zona de goteo de los árboles en banda a una profundidad de 20 cm y a una distancia del tronco de 1.8 m donde se localiza la mayor cantidad de las raíces. El fertilizante químico fue aplicado en cuatro pozos a las misma profundidad y distancia anterior.

Variables de estudio

Las variables registradas fueron las siguientes:

1) Inflorescencias (No m²). Se cuantificó manualmente el número de inflorescencias (panículas) por m² de copa de árbol.

2) Diámetro polar (cm). Se cortaron y cuantificaron los frutos de un m² de copa de árbol, posteriormente con un flexómetro de 3 m de longitud se midió el tamaño de fruto en sentido vertical, esto cuando el fruto alcanzó su madurez fisiológica.

3) Diámetro ecuatorial (cm). Al igual que la variable anterior se realizó el mismo procedimiento, solamente se midió el tamaño de fruto de manera horizontal.

4) Relación Longitud/Anchura (1:1). Se utilizaron los valores promedio de las variables diámetro polar entre diámetro ecuatorial.

5) Peso de fruto (kg). Se pesó el número de frutos en obtenidos de las variables diámetro polar y ecuatorial en una báscula digital Truper BASE-5EP con capacidad para 5 kg.

6) Frutos por árbol (núm). Se contabilizaron todos los frutos cosechados de forma manual.

7) Sólidos Solubles Totales (°Brix). Se midió por medio de refractometría utilizando un refractómetro digital Atago[®] Modelo PR-100 en frutos que alcanzaron su madurez fisiológica (°Brix).

Las variables de rendimiento e índice de fructificación se determinaron por medio de ecuaciones.

8) Rendimiento (kg ha⁻¹). Se utilizaron los valores promedio de las variables peso de fruto y frutos por árbol (Ecuación 1).

$$[\text{Peso de fruto kg} * \text{frutos por árbol}] * [\text{Árboles por ha}^{-1}] = \text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)}.$$

9) Índice de fructificación ($F m^2$). Asumiendo que la copa de árbol es semejante a la figura geométrica de un cono truncado primero se calculó la Superficie Lateral (Avilán-Rovira & Mazzi, 1973) (Ecuación 2) $LS (m^2) = \pi(R+r)\sqrt{(R-r)^2 + h^2}$ y posteriormente se utilizó la variable de frutos por árbol para calcular este índice (Ecuación 3) $FI (F m^2) = \frac{\text{Número de frutos}}{\text{Superficie lateral } m^2}$.

Dónde:

R = Radio inferior de la copa;

r = radio superior de la copa,

h = altura del cono (copa de árbol);

$\pi = 3.1416$;

LS = Superficie Lateral;

FI = Índice de Fructificación.

$F(F m^2)$ = Frutos por metro cuadrado

Es posible asociar la forma de la copa de árbol a figuras geométricas para calcular o estimar la superficie de producción, y por ende, por unidad de superficie de producción. A esta relación se le denomina "Índice de fructificación" (Figura 1) (Avilán-Rovira, 1980; Arroyo-Pozos et al. 2013).

R = Radio inferior de la copa;

r = radio superior de la copa;

h = altura del cono;

$\pi = 3.1416$;

LS = Superficie Lateral;

H = Altura total del árbol

FI = Índice de Fructificación.

$$LS (m^2) = \pi(R+r)\sqrt{(R-r)^2 + h^2}$$

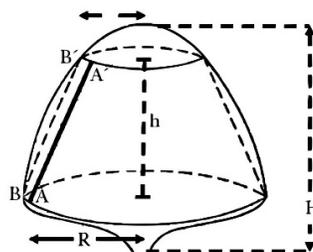


Figura 1. Superficie lateral de la copa útil de árbol en forma de cono truncado (Avilán & Mazzi, 1973; Aguilar-Ávila & Santoyo-Cortés, 2013)

La toma de datos se realizó posterior a la aplicación de los tratamientos, a los 30 días para la variable 1) Inflorescencias y a los 95 días (fecha de cosecha) para las demás variables.

Análisis estadístico

El análisis estadístico inició con la prueba de normalidad y homocedasticidad de los datos de las varianzas, seguido el análisis de varianza y por último la prueba de comparación de las medias de las variables (Tukey, $p \leq 0.05$), todo ello con el paquete estadístico STATISTICA versión 13.3.

Resultados y Discusión

El resultado del análisis de suelo (Tabla 1) mostró un pH de reacción básica (Pérez-López 2013; Garrido-Valero, 1994), alto contenido de materia orgánica (Castellanos *et al.*, 2000), muy bajo contenido de N, P (Villarroel, 1988) y Zn, contenido moderadamente bajo de K (Castellanos *et al.*, 2000), B y S (Molina, 2007), contenido moderadamente alto de Ca (Castellanos *et al.*, 2000), contenido muy alto de Mg, Mn y Cu (Viets & Lindsay, 1973), contenido alto de Fe (Castellanos, *et al.* 2000), contenido muy bajo Na (Castellanos *et al.* 2000), nivel medio en Capacidad de Intercambio Catiónico [CIC] (Garrido-Valero, 1994; NOM- 021-RECNAT-2000, 2002), Conductividad Eléctrica [CE] muy baja (Etchevers-Barra & Padilla-Cuevas, 2000) y Textura franco arcillosa (Villarroel, 1988).

Tabla 1. Caracterización química y física del suelo (0 a 30 cm de profundidad) del huerto de mango.

Determinación	Unidades	Resultados	Fuente
pH (1:2 H ₂ O)		7.92	Jackson (1964)
M.O. [Carbón orgánico] (Walkley & Black)	%	3.34	Jackson (1964)
N (NO ₃ , NH ₄) (Columna de cadmio)	mg kg ⁻¹	5.30	Cabrera-Molina <i>et al.</i> (2003)
P (P-Bray)	mg kg ⁻¹	16.90	López-Aguilar <i>et al.</i> (2002), Álvarez-Sánchez & Marín-Campos (2011)
K (Extracción con acetato de amonio mediante ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	230	López-Aguilar <i>et al.</i> (2002)
Ca (Extracción con acetato de amonio mediante ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	2,700	López-Aguilar <i>et al.</i> (2002)
Mg (Extracción con acetato de amonio mediante ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	1,200	López-Aguilar <i>et al.</i> (2002)
Na (Extracción con acetato de amonio mediante ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	160	López-Aguilar <i>et al.</i> (2002)
Fe (Extracción con DTPA de ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	48	Álvarez-Sánchez & Marín-Campos (2011)
Zn (Extracción con DTPA de ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	< LOQ†	Álvarez-Sánchez & Marín-Campos (2011)
Mn Extracción con acetato de amonio mediante ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	41	Álvarez-Sánchez & Marín-Campos (2011)
Cu Extracción con acetato de amonio mediante ICP Plasma)	mg kg ⁻¹	4.3	Álvarez-Sánchez & Marín-Campos (2011)
B (Extracción con CaCl ₂)	mg kg ⁻¹	0.46	Enriquez (1989)
S [Extracción con Ca(H ₂ PO ₄) ₂ *H ₂ O]	mg kg ⁻¹	11.07	Guerrero-Peña <i>et al.</i> (2001)
CIC	cmol(+) kg ⁻¹	24.63	McKean (1993), NOM-021-RECNAT-2000 (2002)
CE	dS m ⁻¹	0.404	NOM- 021-RECNAT-2000 (2002)
Textura (arena-arcilla-limo)	%	32-38-30	Bouyoucos (1936)

†Menor al Límite de Cuantificación Práctico (8.00 mg kg⁻¹) y no fue posible realizar el cálculo; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; CE: Conductividad Eléctrica.

Los resultados de la prueba de normalidad y homocedasticidad de las varianzas de los datos mostraron una distribución normal de los datos sobre la línea recta en todas las variables, lo que corroboró la fiabilidad del experimento.

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) indicó para la variable Diámetro Polar diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Sin embargo, para las demás variables no se presentó (Tabla 2).

Tabla 2. Analisis de varianza para cada una de las variables ($P \leq 0.05$).

Condición	MS Efecto	MS Error	Grados de libertad	F calculada	Valor p
I (No m ²)	8.9268	11.7538	5.54	0.759483	0.583850
PD (cm)	0.7921	0.2184	5.54	3.627378	0.007810
ED (cm)	0.1852	0.0904	5.54	2.049554	0.090139
(L/W) Re	0.0017	0.0014	5.54	1.191738	0.328798
FW (g)	0.0027	0.0026	5.54	1.037526	0.407711
FT (núm)	457.1119	220.9658	5.54	2.068699	0.087492
TSS (°Brix)	3.2280	1.8591	5.54	1.736366	0.146269
P (t ha ⁻¹)	1.2004	0.5656	5.54	2.122093	0.080510
FI (F/m ²)	0.0515	0.0249	5.54	2.068699	0.087492

CV = 68.35 %. I) Inflorescencias; **PD**) Diámetro Polar; **ED**) Diámetro Ecuatorial; **(L/W) Re**) Relación Longitud/Anchura; **FW**) Peso de fruto; **FT**) Frutos por Árbol; **TSS**) Sólidos Solubles Totales; **P**) Rendimiento; **FI**) Índice de fructificación.

Los resultados de la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$), mostraron diferencia estadística significativa en el T2 para las variables Frutos por árbol, Rendimiento e Índice de fructificación, en el T3 para las variables Inflorescencia, Frutos por árbol, Rendimiento e Índice de fructificación (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de los tratamientos para todas las variables Tukey ($p \leq 0.05$).

Condición	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I (No m ²)	12.30 b	3.42 a	5.66 ab*	5.10 a	4.20 a	3.80 a
PD (cm)	11.04 a	10.54 a	11.10 a	11.20 a	11.26 b	10.66 a
ED (cm)	8.89 a	8.20 a	8.08 a	8.56 a	8.67 a	8.39 a
(L/W) Re	1.24 a	1.28 a	1.37 a	1.30 a	1.29 a	1.26 a
FW (g)	515.40 a	424.00 a	452.33 a	487.50 a	502.60 a	436.10 a
FT (núm)	41.70 b	13.42 ab*	4.00 ab*	9.80 a	13.20 a	4.00 a
TSS (°Brix)	14.81 a	14.14 a	11.13 a	14.55 a	15.02 a	14.11 a
P (t ha ⁻¹)	2.16 b	0.66 ab*	0.19 ab*	0.49 a	0.66 a	0.18 a
FI (F/m ²)	0.44 b	0.14 ab*	0.04 ab*	0.10 a	0.14 a	0.04 a

T1) Lombricompost mineralizada al 20 %, en dosis de 50 kg por árbol y aplicación foliar de humus líquido de lombriz al 2 % + ácido glutámico al 99 % 0.5 g L⁻¹; **T2)** Lombricompost sin mineralizar en dosis de 25 kg árbol⁻¹ + fertilizante fosfonitrato (NH₄ 15.5 %, NO₃ 15.5 % y P₂O₅ 4.0 %), 2 kg árbol⁻¹ y aplicación foliar de humus líquido de lombriz al 1 % (lixiviado producido artesanalmente) pH 7.8, NH₄ 28 ppm, NO₃ 620 ppm, N total 728 ppm, P 46 ppm, K 400 ppm, SO₄²⁻ 160 ppm, Ca 119 ppm y Mg 30 ppm + fertilizante foliar líquido a base de aminoácidos 30 %, P 15 %, K 16 %, Fe 420 mg L⁻¹, Zn 2,490 mg L⁻¹, Mn 590 mg L⁻¹, Cu 550 mg L⁻¹, Mg 510 mg L⁻¹, Mo 53 mg L⁻¹, B 367 mg L⁻¹, vitaminas 40 mg L⁻¹ en dosis de 2 mL L⁻¹ + adherente alcohol graso etoxilado 1 mL L⁻¹; **T3)** Fertilizante fosfonitrato (NH₄ 15.5 %, NO₃ 15.5 % y P₂O₅ 4.0 %), 4 kg árbol⁻¹ + aplicación foliar de fertilizante foliar líquido a base de aminoácidos 30 %, P 15 %, K 16 %, Fe 420 mg L⁻¹, Zn 2,490 mg L⁻¹, Mn 590 mg L⁻¹, Cu 550 mg L⁻¹, Mg 510 mg L⁻¹, Mo 53 mg L⁻¹, B 367 mg L⁻¹, vitaminas 40 mg L⁻¹ en dosis de 4 mL L⁻¹ + adherente alcohol graso etoxilado 1 mL L⁻¹; **T4)** Super magro mejorado (SMM) 20 L árbol⁻¹ + aplicación foliar de SMM al 2 %; **T5)** Biofertilizante bocashi 20 kg árbol⁻¹ + aplicación foliar de ácidos húmicos al 60 % y fúlvicos 4 mL L⁻¹; **T6)** Testigo (sin aplicación). I) Inflorescencias; **PD)** Diámetro Polar; **ED)** Diámetro Ecuatorial; **(L/W) Re)** Relación Longitud/Anchura; **FW)** Peso de fruto; **FT)** Frutos por Árbol; **TSS)** Sólidos Solubles Totales; **P)** Rendimiento; **FI)** Índice de fructificación. *Medias con una letra diferente son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Inflorescencias

El valor numérico más alto para esta variable se presentó para el T1 con 12.30 No m² de inflorescencias o el equivalente a 231 inflorescencias (panículas) por árbol⁻¹ mientras que el T6 Testigo (sin aplicación) tan solo obtuvo un valor de 3.80 No m² o 72 inflorescencias por árbol⁻¹ y el T3 con 5.66 No m² de inflorescencias o 107 inflorescencias por árbol⁻¹ que presento diferencia estadística significativa (Tabla 3). En general los resultados de esta variable reflejaron valores muy distintos, si se comparan con los reportados por Quijada (1999) para mango Haden con 687 inflorescencias (panículas) por árbol⁻¹, con tratamiento de fertilización química de nitrato de potasio al 9 %. En otro estudio, Miranda (2001) reportó para este mismo cultivar en el testigo (aplicación de agua) en aplicación foliar y al suelo 2.3 y 6.6 inflorescencias por árbol⁻¹ respectivamente, y con aplicación de nitrato de potasio al 2 % en aplicación foliar y al suelo encontró 0.5 y

12 inflorescencias por árbol⁻¹, sin diferencia significativa estadística en ambos tratamientos. Sin embargo, estos valores obtenidos en esta investigación pueden deberse al tamaño de los árboles con una altura excesiva, que haya influido en la escasez de inflorescencias. Al respecto, Avilán *et al.* (2005), señalan que el excesivo desarrollo vegetativo caracteriza a los cultivares monoembrionicos en el trópico, afecta negativamente el proceso de floración y en consecuencia la productividad de la planta.

Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial y Relación Longitud/Anchura

Estas variables no presentaron diferencia estadística significativa para ningún tratamiento. La variable diámetro polar presentó dos grupos numéricos y las variables diámetro ecuatorial y relación longitud anchura mostraron un solo grupo.

El T5 se distingue por presentar los valores numéricos más altos con 11.26 cm para diámetro polar (longitud) y 8.89 cm para el diámetro ecuatorial (anchura), con una relación de longitud/anchura de 1,28. Sin embargo, el T2 fue el más bajo con 10.54 cm en diámetro ecuatorial (anchura) y 8.39 cm para diámetro ecuatorial (anchura), con una relación longitud/anchura de 1,28. Esto coincide con Coello-Torres *et al.* (1997) quienes reportaron para el mango haden una longitud media de fruto de 9,5 a 11,5 cm, una anchura media de fruto de 7 a 9 cm con una relación de longitud/anchura que va de 1,1 a 1,3 con la forma de fruto ovoide oblongo. Lo anterior también concuerda con Nolasco-González & Osuna-García (2017) quienes reportaron para mango Kent (fruto ovoide oblongo) valores muy similares, en el diámetro polar 10.39 cm, ecuatorial 7.67 cm con una relación longitud/anchura de 1,35 para el testigo (sin aplicación de fertilizante).

Peso de Fruto

Esta variable presentó en todos los tratamientos solamente valores numéricos que conformaron un solo grupo estadístico. El valor más alto se presentó para el T1 con 515 g y el más bajo fue para el T2 con 424 g (Tabla 3). Al respecto, Coello-Torres *et al.* (1997), señalan un peso de fruto medio que va de 300 a 450 g para mango haden. Estos resultados se asemejan con los reportados por Chávez-Contreras *et al.* (2001) de 200 a 430 g para los mangos haden en la zona productora del Valle de Apatzingán Michoacán México. Sin embargo, Avilán *et al.* (2008) reportaron un peso de fruto de 0.147 kg para el testigo de mango haden (Libre crecimiento, sin poda a 2,5 m de altura del suelo y sin aplicación del regulador de crecimiento Paclobutrazol PBZ), valor muy por debajo de los pesos antes mencionados.

Frutos por Árbol

En esta variable se detectó efecto significativo en los T2 y T3 con 13.42 y 4.00 frutos árbol⁻¹ respectivamente. El valor numérico más alto se reflejó en el T1 (Lombricompost mineralizada al 20 %, 50 kg árbol) con 41.7 que se traduce a una producción de 21.49 kg árbol⁻¹, valor muy distante por alcanzar de lo reportado por Chávez-Contreras *et al.* (2001) en el cultivar Haden de 100 a 200 kg árbol⁻¹ para Michoacán, México. Sin embargo, Romero-Gomezcaña *et al.* (2006) reportaron una producción de 37.79 kg árbol⁻¹ para el testigo y 80.07 kg árbol⁻¹ para el tratamiento

con 5 g L⁻¹ de Ca vía foliar fue de 80.07 kg árbol⁻¹ en mango Haden en la región productora de San Lucas Michoacán, México en condiciones que prevalece significativamente la enfermedad denominada “escoba de bruja”.

Sólidos Solubles Totales

En esta variable no hubo diferencia estadística significativa y los T1, T4 y T5 mostraron valores numéricos de 14.81, 14.55 y 15.02 °Brix respectivamente. Estos tratamientos con biofertilizantes se caracterizaron por tener un origen proveniente de una transformación microbiana. El T6 (testigo) mostró un valor más bajo de 14.11°Brix en comparación con los otros tratamientos y reflejó una buena cantidad de azúcares por tratarse del testigo relativamente. Estos promedios están muy cercanos a lo reportado por Ramírez-Méndez *et al.* (2010) para esta variedad 14.9 °Brix. El CODEX (2005) señala que, el mango para la industria requiere un valor mínimo de 13.5 °Brix, valor inferior a los obtenidos a excepción del T3 de 11.3 °Brix. Los Sólidos Solubles Totales a mano son utilizados como indicador de cosecha y muestran diferencia entre la misma variedad y entre localidades (Carrera *et al.*, 2008).

Rendimiento e Índice de fructificación

Se presentó diferencia estadística significativa en los T2 y T3 para ambas variables (Tabla 3). Los valores más altos se presentaron en el T1 con un rendimiento de 2.15 t ha⁻¹ e índice de fructificación de 0.44 F m², el T5 con 0.66 t ha⁻¹ y 0.14 F m² respectivamente. Estos resultados obtenidos pueden ser comparados con el promedio nacional de rendimiento en México de 5.93 t ha⁻¹ de mango Haden orgánico (SADER-SIAP, 2022), los cuales están todavía muy lejanos de igualar.

Para este mismo cultivar de 22 años, Avilán *et al.* (1981) reportaron un índice de fructificación de 3.5 F m² y un número de frutos cosechados de 790 por árbol⁻¹, señalando así que a esa edad el árbol se encuentra en un periodo decreciente de la producción, por lo que, comparado con el valor obtenido en este experimento, resultó muy bajo.

Por lo anterior se deduce, que estos valores bajos obtenidos para ambas variables en todos los tratamientos probablemente se deban temperatura mínima mensual registradas durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo 14, 15, 16, 18 y 21 °C respectivamente (Weather Spark, 2023) que influyeron en la inducción a floración (inflorescencias) tardía y escasa, además de la presencia de la enfermedad escoba de bruja, aunque esta no se haya evaluado. Al respecto, Galán-Sauco (2009) señala que la temperatura idónea para inducción floral es de 10-15 °C, durante invierno mínimas a los 10 °C y en primavera mínimas superiores a 15 °C, con ligeras variaciones durante el día y la noche.

Conclusiones

Los T2 con base de lombricompost 25 kg árbol⁻¹+ fertilización química (fosfonitrato 2 kg árbol⁻¹+ lixiviado de humus de lombriz al 2 % foliar) y T3 fertilización química (fosfonitrato 2 kg árbol⁻¹+ aminoácidos y vitaminas 2 mL L⁻¹ foliar) mostraron ser estadísticamente diferentes a todos los tratamientos en las variables frutos por árbol, rendimiento e índice de floración.

Los T4 con base de super magro mejorado (SMM) 20 litros por árbol + aplicación foliar de SMM al 2 %; T5 con base en bocashi 20 kilos por árbol + aplicación foliar de ácidos húmicos al 60 % y fúlvicos 4 mL L⁻¹ y T6 Testigo fueron estadísticamente iguales. La diferencia se presentó solamente en los valores numéricos.

El T1 con base en lombricompost mineralizada al 20 %, en dosis de 50 kg árbol⁻¹ y aplicación foliar de humus líquido de lombriz al 2 % + ácido glutáminico al 99 % 0.5 gr L⁻¹ mostró tener mayor valor numérico en el número de inflorescencias (panículas) 12.30 por m², diámetro ecuatorial (anchura) 8.89 cm, peso de fruto 0.51 kg, frutos árbol⁻¹ 41.70, rendimiento 2,15 t ha⁻¹ e índice de fructificación de 0.44 F m². El T5 evidenció tener la mayor concentración de SST con 15.02 °Brix con un rendimiento de 0.64 t ha⁻¹.

El criterio de selección para utilizar cualquier biofertilizante se sustenta en la disponibilidad de las materias primas para su elaboración y el periodo de tiempo requerido para su fermentación.

Se recomienda realizar un estudio económico sobre los costos de los tres biofertilizantes utilizados para poder incrementar las dosis y calcular el porcentaje de la inversión en el proceso de producción de mango, además de determinar su rentabilidad.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, JMMR; CPS; RDVD; LPA; desarrollo de la metodología, JMMR; manejo de software, JMMR; validación experimental CPS; RDVD; análisis de resultados, JMMR; CPS; Manejo de datos, JMMR; escritura y preparación del manuscrito JMMR; redacción, revisión y edición, JMMR; CPS, RDVD; LPA; administrador de proyectos, JMMR; adquisición de fondos, JMMR.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación fue apoyada por los alumnos Jesús Marmolejo Rosales, Daniel Martínez Martínez y José Alberto Godínez Anaya de la licenciatura de ingeniería en innovación agrícola sustentable del Tecnológico Nacional de México / ITS de Apatzingán para su proyecto interno

de residencias profesionales “Evaluación de la fertilización de mango Haden en Lombardía Michoacán”.

Agradecimientos

Se agradece al productor de mango el Sr. Francisco Ríos Mendoza y al técnico agrícola el Ingeniero Agrónomo Juan José Molina Araujo, por haber dado todas las facilidades en el huerto San Pancho, para que se pudiera llevar a cabo este experimento.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Arce-Quesada, S. E. (2020). Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional, *Agronomía Costarricense*, 44(2), 81-108. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i2.43091>
- Aguilar Ávila, J., & Santoyo Cortés, V. H. (2013). Estimación de rendimientos en el sector agropecuario. Universidad Autónoma Chapingo. Ed. Miguel Ángel Porrúa. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/89f4258a-fef6-45a4-aa68-20ff4093fcd0/full>
- Arroyo-Pozos, M. G., Guerrero-Salinas, J. I., Núñez-Tovar, R. & Gladis Feliciano-Gregorio, G. (2013). Estimación de cosecha de árboles frutales. In Aguilar-Ávila J., & Santoyo-Cortés V. H. Estimación de rendimientos en el sector agropecuario (pp. 65-85). Ed. Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/89f4258a-fef6-45a4-aa68-20ff4093fcd0/full>
- Avilán-Rovira, L. (1980), El índice de fructificación en frutales perennes. *Agronomía Tropical*, 30(1), 147-157.
- Avilán, L., Figueroa, M., & Laborem, G. (1981). Consideraciones acerca de los sistemas de plantación en mango (*Mangifera indica* L.). *Fruits*, 36(3), 1-179. <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/download/34553/36613>
- Avilán, L., Marín R., C., Rodríguez, M., & Ruíz, J. (2005). Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L) en alta densidad (278 pl ha⁻¹) durante el periodo de crecimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 22(2), 99-111. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000200001
- Avilán, L. Soto, E., Marín, C., Pérez, M., Rodríguez, M., & Ruíz, J. (2008). Productividad del mango en una población de alta densidad durante el periodo de plena producción. *Agronomía Tropical*, 58(2), 181-191. http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5802/pdf/avilan_l.pdf

- Avilán-Rovira, L., & Mazzi, L. (1973). Estimación de cosechas en frutales, Macaray. Ed. Centro de Investigaciones Agronómicas.
- Álvarez-Sánchez, M., & Marín-Campos, M. A. (2011). Manual de procedimientos analíticos para suelos y plantas. Universidad Autónoma Chapingo. Montecillo, Estado de México. México. <https://silo.tips/download/manual-de-procedimientos-analiticos-para-suelos-y-plantas>
- Bouyoucos, G. L. (1936). Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Soil Science*, 42, 3. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1936SoilS..42..225B/abstract>
- Cabrera-Molina, E., Hernández-Garciadiego, L., Gómez-Ruíz, H., & Cañizales-Macias, M. P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88-92. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v47n1/v47n1a14.pdf>
- Carrera, A., Mark, D., & Gil, R. (2008). Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas. *Agronomía Tropical*, 58(1), 27-30. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000100006&lng=es&tlng=es
- Castellanos, J. Z., Uvalle, J. X., & Aguilar, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2da ed. Intagri.
- CODEX (2005). Reglamento Técnico Centroamericano, Alimentos y bebidas procesados. Néctares de frutas. Especificaciones. RTCA 67.01 48:8. https://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/rtca/rtca_67_04_4808_nectares_frutas.pdf <https://www.comex.go.cr/media/3884/rtca-anexo-33.pdf>
- Coello-Torres, A., Fernández-Galván, D., & Galán Saúco, V. (1997). Guía descriptiva de cultivares de mango. Editorial Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.icia.es/icia/download/fruticulturatropical/Guia%20descriptiva%20de%20cultivares%20de%20mango_optimized.pdf
- Comisión Nacional del Agua. (2022, december). CONAGUA, Mapas de climatología. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/mapas-de-climatologia-1981-2010>
- Corrales-Garriga, I., González, M., & López-Labarta, P. (2003). Respuesta del mango (*Mangifera indica*, L.) a las aplicaciones de humus de lombriz con fertilizante mineral. *Centro Agrícola*, 3, 45-50. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V30-Numero_3/8CAgricola%203-2003.pdf
- Chávez-Contreras, X., Vega-Piña, A., Tapia-Vargas, L. M., & Miranda-Salcedo, M. A. (2001). Mango su manejo y producción en el trópico seco de México. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Enriquez, S. A. (1989). Análisis de boro en suelos y plantas mediante el método de azometina-H, *Terra* 7, 13-20.
- Etchevers-Barra, J. D., & Padilla-Cuevas, J. (2000). Diagnóstico de la fertilidad del suelo. In Alcantar-González G. & Trejo-Téllez L. I. Nutrición de cultivos (pp. 250-272). Ed. Mundi Prensa México, S.A. de C.V.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022, december). FAOSTAT Statistical database internet. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> .
- Galán-Sauco, V. (2009). El cultivo del mango. 2da. Edición. Ed. Mundi-Prensa.
- García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta Ed.

- Universidad Nacional Autónoma de México, MEX.
- García-Galindo, L. A., Capera-Rivas, A., Méndez-López, J. P., & Mayorquín-Moreno, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados, *Scientia Et Technica*, 25(1), 172–183. <https://doi.org/10.22517/23447214.22461>
- Garrido-Valero, M. S. (1994). Interpretación de análisis de suelos. [Hojas divulgadoras núm. 5/93 HD]. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf
- Google Earth. (2022). Lombardía, Michoacán México, “Escala indeterminada”. Google Maps, USA. https://earth.google.com/web/search/19.139034,-102.043091/@19.13874299,-102.04271155,599.45699759a,584.80587638d,35y,5.66255152h,40.03692642t,-0r/data=CikLxlpGTUlc7uXIzNAIRwwADCglnAKhUxOS4xMzkwMzQsLTEwMi4wNDMwOTEYASABliYKJAIHkQ6gSQzQBGAEl_MYilzQBn19pvrFoJZwCFa6ro4XYNZwA
- Guerrero-Peña, A., Etchevers-Barra, J. D., Nuñez-Escobar, R., & Palma-López, D. J. (2001). Selección de un método para análisis de S disponible en suelos, *Agrociencia*, 35(3), 301-309. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30200305>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2022). Geografía y medio ambiente. Climatología. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- Jackson, M. L. (1964). Análisis químico de suelos. Trad. al español por J. Beltrán M. Ed. Omega.
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., Benson-Rosas, M., López-Arce, E., & Valle-Meza, G. (2002). Manual de análisis químicos de suelos. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2065/1/MANUAL%20DE%20AN%C3%81LISIS%20QU%C3%8DMICOS%20DE%20SUELOS.PDF>
- McKean, S. J. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_te%C3%B3rica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf
- Miranda, D. (2001). Evaluación de inductores de la floración en tres cultivares de mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Colombiana*, 18(1-2), 7-13. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-del-magdalena/fundamentos-de-economia/21693-74242-1-ce-lecutra/68101524>
- Molina, E. (2007). Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas – Universidad de Costa Rica - Amino Grow International. San José, Costa Rica. <http://www.infoagro.go.cr/Info regiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Nolasco-González, Y., & Osuna-García, J. (2017). Calidad postcosecha en mango ‘Kent’ con fertilización normal y alta. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.* 19, 4009-4022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.669>
- NOM-021-RECNAT-2000. (2002). Norma oficial mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Publicada diciembre 31, 2002. Diario Oficial de la Federación. México, D. F.: SEGOB. (Citada 2023 jul

- 4]. Disponible en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Ordaz-Gallegos, J., Rodríguez-Mendoza, M. de las N., García-Cue, J. L., & Pimentel-Equihua, J. L. (2020). Estrategias de manejo en huertas de mango y su efecto en la calidad del suelo y productividad en Los Cajones, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5): 1057-1068. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2127>
- Peralta-Antonio, N., Becerril-Román, A.E., Rebolledo-Martínez, A., & Jaén-Contreras, D. (2015). Estado nutricional foliar de tres cultivares de mango fertilizados con abonos orgánicos. *IDESIA (Chile)*, 33(3), 65-72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5489671>
- Pérez-López, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *Revista de las Sedes Regionales*, 14(29), 6-18. <https://www.redalyc.org/pdf/666/66629448001.pdf>
- Quijada, O. (1999). Efecto de la aplicación de tres dosis de nitrato de potasio y el número de aplicaciones sobre la floración del mango Haden en la planicie de Maracaibo. *Revista Facultad Agronomía*, 16(4), 414-424. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26270>
- Ramírez-Méndez, R., Quijada, O., Castellano, G., Burgos, M. E., Camacho, R., & Marin R., C. (2010). Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L) en el municipio Mara en la planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 10(2), 65-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315091002>
- Romero-Gomezcaña, N. R., Sánchez-García, P., Rodríguez-Alcázar, J., & Saucedo-Veloz, C. (2006). Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. *Agricultura Técnica en México*, 32(1), 5-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5899089>
- Secretaría de Desarrollo Rural - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022, september). SADER-SIAP, Anuario estadístico de la producción agrícola. SIAP, MEX. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- TIBCO Inc. (2017). STATISTICA data analysis software system, Version 13.3 for Windows, TIBCO Inc, Tulsa, OK, USA. Consultado el 7 de julio de 2021. <https://www.tibco.com/products/data-science>
- Viets, F. G., & Lindsay, W. L. (1973). Testing soil for zinc, copper, manganese and iron. In: Walsh, M. L. & James, D.B. Soil Testing and Plant Anal (pp. 151-172). Ed. Soil Science Society of America.
- Villarroel, J. (1988). Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. AGRUCO, serie técnica No. 10. Cochabamba, Bolivia. <http://atlas.umss.edu.bo:8080/jspui/bitstream/123456789/142/1/MANUAL%20PRACTICO%20ST10.pdf>
- Weather Spark, (2023). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Lombardía México. <https://es.weatherspark.com/y/4126/Clima-promedio-en-Lombard%C3%ADa-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>