

Estrategias de manejo en huertas de mango y su efecto en la calidad del suelo y productividad en Los Cajones, Michoacán

Jordan Ordaz Gallegos¹

María de las Nieves Rodríguez Mendoza^{1§}

José Luis García Cúe²

José Luis Pimentel Equihua¹

Colegio de Postgraduados-*Campus* Montecillo-Postgrado de Agroecología y Sustentabilidad. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. Tel. 595 9520200, ext. 1604. (jordaz.mx@outlook.com; jequihua@colpos.mx). Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Colegio de Postgraduados-*Campus* Montecillo. Ext. 1414. (jlgcue@colpos.mx).

§Autora para correspondencia: marinie@colpos.mx.

Resumen

Los diferentes sistemas de manejo y diversidad de especies en las huertas influyen en la fertilidad del suelo y en consecuencia la productividad del cultivo, por esto mismo el objetivo de la investigación fue evaluar la fertilidad, calidad de suelo y manejo de la biodiversidad bajo tres diferentes sistemas de producción de mango. El presente estudio se llevó a cabo en la localidad de Los Cajones, Michoacán, en tres huertas de mango. La primera evaluación se conformó por una guía que integró ítems de calidad de suelo y manejo de la biodiversidad aplicada a los productores. La segunda evaluación se conformó por análisis de laboratorio de suelos de cada huerta. Los resultados de calidad de suelo y manejo de la biodiversidad, indican que el sistema de manejo orgánico obtuvo los mejores valores, resultado de las prácticas y estructura de la huerta, mientras que la huerta bajo un manejo convencional presentó los valores más bajos en ambos indicadores. Sin embargo, el manejo organomineral obtuvo los mejores resultados en los análisis de laboratorio para las variables carbón orgánico (2.68%), materia orgánica (4.66%), nitrógeno (1.59%), fósforo (16.48 g kg⁻¹) y capacidad de intercambio catiónico (29.18 cmol⁺ kg⁻¹), seguido por el manejo orgánico. La fertilización organomineral promueve una mejor disponibilidad de nutrientes para ser aprovechados por el cultivo, además que reduce la cantidad de insumos químicos promoviendo un uso racional.

Palabras clave: orgánico, organomineral, sistemas de producción.

Recibido: abril de 2020

Aceptado: julio de 2020

Introducción

México es uno de los principales productores de mango, con 1 958 491 t promedio por año (FAO, 2019). En la República Mexicana, Michoacán ocupa el quinto lugar de producción (SIAP, 2019). Los cultivares que más se destacan son: Haden y Tommy Atkins, en menor proporción Ataulfo y Kent. Por lo regular la producción es convencional, lo que ha provocado la degradación química, pérdida de nutrientes disponibles y acidificación del suelo, haciendo más dependiente de los fertilizantes y agroquímicos a los sistemas productivos (Cisneros, 2016).

Otra alternativa de producción es la orgánica o agroecológica en donde la regla es la eliminación de los insumos industriales y la incorporación de compost o vermicompost así como efluentes orgánicos en la nutrición de los árboles (Márquez *et al.*, 2016). Los progresos de la microbiología, la química y de la bioquímica aplicadas a la agricultura han permitido la combinación de los abonos orgánicos con los químicos en bajas dosis, tratando de mantener un equilibrio biológico del suelo para hacerlo más productivo, sistema llamado organomineral (García y Romero, 2016) que en algunas ocasiones va tendiente a la transición de convencional a orgánico.

Cada uno de los sistemas tiene ventajas y desventajas, pero lo más importante es analizar el costo ecológico de esa producción por lo que el objetivo de la investigación fue tipificar los tres sistemas de producción de mango e identificar aquellos indicadores que fortalecen y afectan la sustentabilidad de los sistemas de cultivo.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la localidad de los Cajones, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán. Las huertas se seleccionaron en base a la información obtenida mediante, recorridos de campo, visitas a productores informantes clave y autoridades ejidales de los Cajones, Michoacán. Las huertas se escogieron de acuerdo con la similitud de superficie, diversidad de manejo y estructura de la huerta. Por lo que se identificaron tres tipos huertas; a) huerta con manejo organomineral; b) huerta con manejo orgánico; y c) huerta con manejo convencional y la integración de ganado vacuno.

En cada huerta se hicieron evaluaciones *in situ* y en laboratorio. La primera evaluación se hizo en presencia de los productores, con la aplicación de una guía formada por ítems que eran indicadores para la calidad del suelo y el manejo de la biodiversidad en la huerta (Altieri y Nicholls, 2002; Vázquez, 2013). Los indicadores se evaluaron con una escala de 1 a 5 y se considera 5 como óptimo. La segunda evaluación se hizo en laboratorio a muestras de suelo de cada una de las huertas. Se determinó textura, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, CIC (NOM-021-RECNAT-2000).

Las determinaciones se hicieron en el laboratorio de génesis y clasificación de suelos del Postgrado de Edafología del Colegio de Postgraduados-*campus* Montecillo. Los resultados de las variables fueron sometidas a pruebas de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha= 0.05$). Las variables que se comportaron de acuerdo con la distribución normal se sometieron a Análisis de la Varianza (Anova) ($\alpha= 0.05$) así como pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha= 0.05$). El paquete utilizado fue SAS Statistical Analysis System (versión 9.4).

Resultados y discusión

Al hacer el recorrido por las huertas y tener pláticas con los productores dueños de estas fue posible hacer una descripción de las principales similitudes y diferencias entre los tres sitios. Huerta bajo manejo organomineral: tiene una superficie de 2 ha y en ella están establecidas las variedades de mango Kent y Heidi. Don Genaro Arriaga (productor) es quien realiza el mantenimiento y trabajo de la huerta, en algunas ocasiones siembra maíz dentro de las melgas del cultivo.

Esta huerta anteriormente estaba bajo un manejo orgánico, pero el productor dejó de trabajarla de esta manera porque era difícil colocar a buen precio el producto y a veces terminaba vendiendo la fruta como convencional. La nutrición de los árboles la realiza al aplicar estiércol de vaca y sulfamin 45 (sulfato de amonio), incorpora todos los residuos vegetales de las arvenses y tres o cuatro veces por ciclo hace aplicaciones foliares de calcio y potasio únicamente.

La huerta no tiene problema con las plagas, cuando se presentan, son hormigas que defolían el árbol y se combaten con malatión. La escoba de bruja se presenta algunas veces y se realiza podas de saneamiento después de la cosecha y durante la floración cuando detecta incidencia en los árboles. El control de arvenses se realiza manualmente y los residuos son incorporados al suelo. Los riegos a la huerta se hacen mediante agua rodada por 12 h, cada 15 días de acuerdo con el rol de riego y disponibilidad.

La temporada de secano en la región (noviembre a mayo), especialmente la época de estiaje hay mayor sequedad en el suelo y se requieren de más horas para regar toda la superficie. La producción de mango se vende a la empacadora que lleva a sus propios cortadores, aunque el precio varía de acuerdo con los días que pasan desde que inician los primeros cortes de fruta. La producción está destinada a la exportación, de ahí que se obtiene un precio mayor al nacional. Huerta bajo manejo orgánico.

Con una superficie de 2 ha, con 200 árboles de mango. Don Manuel Zavala (el productor) junto con uno de sus hijos realiza las labores que se requieren en la huerta. Esta huerta tiene certificación Globalg, AP y por la aplicación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación. Además de las variedades Ataulfo y Heidi, hay plantas de papaya y árboles de mamey, nanche y guanábana. También realiza siembra de frijol para consumo propio y le brinda el beneficio como cobertura vegetal, al igual que abono verde cuando hace la incorporación del material vegetal.

La huerta se encuentra rodeada por cercas vivas, con diferentes árboles como yaca, limón, tecas, palmas de coco y plantas de plátano. La nutrición del cultivo es a través de fertilización foliar y al suelo, los productos utilizados se obtienen mediante la compra. Abiomor (humus líquido de lombriz), tierra de diatomeas, cal micronizada y azufre y se elabora caldo sulfocálcico, composta, biofertilizantes y cenizas. Las fertilizaciones foliares se aplican cada 7 ó 15 días y se utiliza tierra de diatomeas, caldo sulfocálcico, biofertilizante, cal micronizada y ceniza, de acuerdo a la etapa fenológica en la que se encuentre el árbol.

Las fertilizaciones al suelo son pocas durante el año, mismas que se realizan con tierra de diatomeas, composta y pasta sulfocálcica, así como la incorporación de residuos vegetales y podas dentro de la zona de goteo del árbol. El productor menciona que utiliza ajo para empezar a calentar

los árboles, para prepararlos para la diferenciación floral. El control de plagas y enfermedades se hace mediante la aplicación de caldo sulfocálcico y la colocación de estaciones cebo (Cera Tramp) para el control de mosca de la fruta, aunque mencionan que hay muy poca incidencia.

El mayor es la incidencia de la escoba de bruja, que se controla con las podas y la aplicación de caldo sulfocálcico. La eliminación de arvenses se realiza de manera mecánica con desbrozadora, y el residuo lo dejan en el suelo para que se incorpore. Los riegos se efectúan mediante agua rodada durante los meses de noviembre a mayo, aproximadamente se realizan 14 riegos. Algunas veces se provecha el riego y se le aplica la pasta sulfocálcica.

La venta de la fruta se realiza a una asociación certificadora, que destina la producción para exportación, el productor menciona que la ventaja es que tiene segura la venta de su producción y no tiene que batallar para encontrar algún comprador. Sin embargo, no está satisfecho con el precio de venta, ya que considera que el valor de su producción debería de ser más alto que lo que le han pagado las últimas temporadas.

Huerta bajo manejo convencional. Con una superficie de 2 ha, únicamente cuenta con 200 árboles de mango variedades Kent y Haden establecidas. El productor (David Constantino), es quien realiza los trabajos junto con algún familiar. Tiene la presencia de ganado vacuno dentro de la huerta en algunas épocas del año. Algunas veces el productor siembra pequeñas superficies de jamaica y sandía, con el fin de autoconsumo.

La nutrición del cultivo se realiza mediante fertilizantes químicos como 18-46-00 y sulfamin 45 (sulfato de amonio), se aplican directamente al suelo, dos a tres veces de por ciclo, de acuerdo con la respuesta del árbol. A veces se hacen hasta 10 aplicaciones foliares con calcio y potasio cuando se llegan a tener problemas de floración. Las plagas (trips y hormiga) son controladas con productos como malatión y dimetoato. Para enfermedades únicamente utilizan caldo sulfocálcico y esto es en la escoba de bruja, ya que afectaciones de otro tipo de enfermedad son mínimas o nulas.

Los controles de las arvenses se realizan mediante dos métodos, uno es con el pastoreo, que únicamente se utiliza en los meses que no hay producción y mediante el uso de herbicida, este segundo cuando comienza a crecer el pasto y no hay pastoreo se hacen las aplicaciones. Los restos de podas no se aprovechan ya que son quemados. Los riegos varían cada 12 a 15 durante los meses de noviembre a mayo, de acuerdo con la disposición del agua y la necesidad del cultivo. Se hacen mediante riego rodado, aproximadamente de 6 hasta 12 h pueden hacer uso del agua.

La venta de la producción la hacen a diferentes empaques o en pie de huerta, el productor menciona que él la vende a quien mejor la esté pagando, así pueda ser uno u otro empaque y la mayoría de las veces ellos mismos cortan la fruta, contratando dos jornaleros cuando la producción está en apogeo. En el análisis *in situ* del suelo, las huertas organomineral y orgánica presentaron suelos arcillosos y la convencional arenoso. Ambas huertas tienen en el suelo una capa de aproximadamente 10 a 15 cm con residuos vegetales en varios estados de descomposición, contrario en lo encontrado en la huerta convencional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado de las variables seleccionadas por los productores para medir *in situ* la calidad del suelo de sus huertas.

Ítem	Huertas		
	Organomineral	Orgánico	Convencional
Estructura del suelo	Arcilloso	Arcilloso	Arenoso
Compactación e infiltración	Suelo no compacto, el agua se infiltra medianamente moderado	Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente	Suelo no compacto, el agua se infiltra medianamente moderado
Profundidad del suelo	Suelo superficial profundo 10-15 cm	Suelo superficial profundo >15 cm	Suelo superficial profundo 10-15 cm
Estado de residuos vegetales	Residuos en varios estados de descomposición y residuos viejos bien descompuestos	Residuos en varios estados de descomposición y residuos viejos bien descompuestos	Sin presencia de residuos orgánicos
Cobertura del suelo	76-100%	76-100%	26-50%
Erosión	Sin degradación aparente	Sin degradación aparente	Sin degradación aparente
Nivel de pendiente	0-5%	0-5%	6-15%
Actividad biológica	Presencia de actividad biológica en gran parte de la superficie	Presencia abundante en todo el terreno de lombrices y artrópodos	Mínima actividad biológica
Productividad del cultivo	Media, producción media de la región	Alta, más de la producción media en la región	Producción entre la media y poco más de la media
Relación fertilizante mineral en productividad	Se aplica fertilizante en dosis bajas	No hay uso de fertilizantes químicos o sintéticos	No requiere, pero aplica más fertilizante de lo recomendado
Enmiendas orgánicas	Algunas veces aplica	Siempre hacen y se aplican	Nunca se hacen ni aplican
Combinación entre fertilizante mineral y orgánico	Cantidades similares de ambos fertilizantes	Solo fertilizante orgánico	Mucho fertilizante mineral/poco orgánico
Color del suelo	Negro	Negro	Marrón
pH	7.1 ideal	8.1 algunas restricciones	7.1 ideal

La cobertura del suelo es un elemento fundamental para este tipo de ecosistema, en especial en lo que se refiere a la protección del suelo y la conservación del agua (Infante, 2015). En ninguna de las tres huertas se observa degradación del suelo, la productividad más alta del cultivo se da en la huerta orgánica, seguida por la organomineral y la convencional con rendimientos de mango en 2019 de 25 t ha⁻¹, 10 t ha⁻¹ y 8 t ha⁻¹ respectivamente. Es importante mencionar que más del doble de producción o hasta tres veces más se obtuvo en la huerta orgánica.

En el manejo de la huerta organomineral se aplican dosis bajas de fertilizante y realiza algunas enmiendas orgánicas, Das *et al.* (2009) sugieren que al combinar fertilizantes químicos y orgánicos mejora la floración y el rendimiento. En la huerta orgánica la aplicación de nutrientes se hace mediante incorporación al suelo de residuos vegetales de las podas, abonos verdes, compostas, enmiendas orgánicas y aplicación foliar de biofertilizantes, manejos similares del cultivo reportaron Medina-Urrutia *et al.* (2011) en estados productores de México.

Contrario a la huerta bajo manejo convencional, que su mayor incorporación es mediante fertilización química, aplicación de pesticidas y nunca realizan enmiendas orgánicas, excepto lo que queda de heces cuando hay pastoreo. El pH en las huertas organomineral y en la convencional es neutro (7.1) y en la huerta orgánica el pH es de (8.1) lo que implica una baja disponibilidad en el suelo de algunos nutrientes y fósforo, por lo que el productor usa la aplicación de fertilización foliar para corregir esa disponibilidad.

Los resultados obtenidos del análisis del suelo *in situ*, permitieron integrar e interconectar algunas propiedades físicas químicas y biológicas de las tres huertas. A través, de la gráfica de araña (Figura 1), es posible verificar si estas propiedades favorecen la sustentabilidad de las huertas.

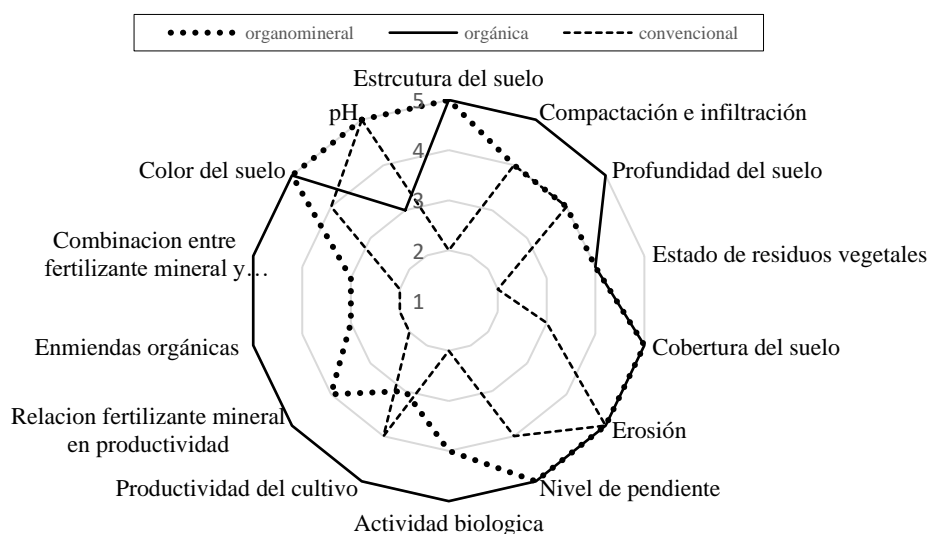


Figura 1. Resultados de la evaluación de la sustentabilidad del suelo *in situ* en huertas de mango en Los Cajones, Michoacán. Los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad y el intermedio el valor umbral.

En la Figura 1 se observa que los suelos de las huertas orgánicas y organomineral tienen propiedades similares, no así la convencional y que la huerta orgánica tiende más a la complejidad porque hay más índices a favor de la sustentabilidad de los suelos. A excepción del pH que en la huerta orgánica fue un poco más alcalino y la cantidad de residuos orgánicos que fue de 75-100%, todos los otros indicadores están en los niveles más altos.

Los resultados de análisis de suelos con las respectivas pruebas de homogeneidad de varianzas e independencia de datos, así como el análisis de varianza (Anova) con ($\alpha = 0.05$) indican que; de todas las variables analizadas solo la CE y Da no resultaron significativas las restantes fueron altamente significativas como pH, carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Significancia estadística ($p < 0.05$) en las variables físicas y químicas de suelos obtenidos de huertas de mango bajo diferentes manejos en Los Cajones, Michoacán.

Fuente	pH	CE	Da	CO	MO	N	P	CIC
Huerta	**	ns	ns	**	**	**	**	**
R ²	0.469	0.205	0.04	0.628	0.626	0.419	0.284	0.431
CV	4.25	34.81	15.77	19.03	19.05	24.65	50.4	31.43
Media	6.92	0.5	1.77	2.02	3.51	1.2	11.61	21.72

CE= conductividad eléctrica; Da= densidad aparente; CO= carbono orgánico; MO= materia orgánica, N= nitrógeno total; P= fósforo; CIC= capacidad de intercambio catiónico.

La calidad del suelo se relaciona directamente con la funcionalidad del agroecosistema, las propiedades físicas, químicas y biológicas permitirán que el suelo funcione dentro de los límites del exosistema y de esta forma, sostener o mejorar la productividad de los cultivos. Castellanos *et al.* (2000) sugieren que un pH del suelo ideal para la absorción nutrimental está en un rango de 6 a 6.5, ya que a esta escala todos los nutrimentos se encuentran disponibles.

Aunque otros autores indican suelos con pH de 6.5 a 7.5 también tiene disponibilidad de los nutrimentos y no hay problemas en el manejo de la nutrición. El análisis de pH hecho en laboratorio, mostró valores entre 6.7 y 7.2 (Cuadro 3), valores indicados por Mora *et al.*, 2002 como ideales para el cultivo del mango. Similares a los resultados encontrados por Medina-Méndez *et al.* (2014) con rangos de pH entre 6.6 y 7.1 por edad de los árboles de 11 a 30 años.

Cuadro 3. Valores medios de los parámetros químicos.

Manejo	pH	CO	MO	N	P	CIC
		(%)			(g kg ⁻¹)	(cmol ⁺ kg ⁻¹)
Organomineral	6.7 ±0.31 b	2.68 ±0.26 a	4.66 ±0.45 a	1.59 ±0.24 a	16.48 ±6.37 a	29.18 ±6.04 a
Orgánico	6.77 ±0.19 b	1.75 ±0.29 b	3.05 ±0.51 b	1.13 ±0.17 b	9.81 ±6.82 ab	15.56 ±2.55 b
Convencional	7.28 ±0.35 a	1.62 ±0.53 b	2.82 ±0.93 b	0.95 ±0.41 b	8.54 ±3.95 b	20.56 ±9.87 b
R ²	0.469	0.628	0.626	0.419	0.284	0.431
CV	4.25	19.03	19.05	26.65	50.4	31.43
DMS	0.34	0.45	0.78	0.34	6.89	8.05

CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa; CO= carbón orgánico; MO= materia orgánica; N= nitrógeno; P= fósforo.

El contenido de carbono orgánico del suelo permite hasta medir en forma indirecta la estabilidad del suelo. Se habla de estructuras moleculares complejas que modifican la calidad del suelo al proveer sitios para el intercambio y producción de material cementante para la formación de agregados (Cotler *et al.*, 2016), lo que mejora la tasa de infiltración, el contenido de biomasa microbiana y reciclaje de los nutrientes. En la huerta organomineral, se presentó el valor más alto de CO (2.68%) le siguió la huerta orgánica (1.75%) y al final el suelo de la huerta convencional (1.62%).

Esta propiedad interviene en la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH) (Martínez *et al.*, 2008). Estos valores están muy por encima de lo obtenido también en suelos de huertas de mango por Mali *et al.* (2016), quienes como valores máximos encontraron 0.91%. Los tres sistemas de producción presentaron niveles aceptables de materia orgánica (Cuadro 3), oscilando en rangos de medio (2-3%) a alto (3-5%) de acuerdo con Salgado *et al.* (2013) y NOM-021-RECNAT-2000.

Esta materia orgánica varía en espacio y tiempo debido a la interacción que se da entre las propiedades fisicoquímicas del suelo que actúan simultáneamente a diferentes escalas. El conocimiento de esta variabilidad espacial permite medir la fertilidad del suelo y cubrir la demanda de los árboles con fines de incrementar la producción (Mali *et al.*, 2016).

Sin embargo, el valor más alto (4.66%) obtenido bajo el manejo organomineral, es resultado por el alto contenido de arcillas ya que éstas ejercen un control sobre la protección física de la MO (Sánchez-Hernández *et al.*, 2011; Labrador, 2012). El contenido de nitrógeno, con base a la clasificación de Salgado *et al.* (2013); Hazelton y Murphy (2016); NOM-021-RECNAT-2000, indican que los tres suelos presentaron contenidos muy altos (>0.25).

El manejo orgánico obtuvo 18% más nitrógeno respecto al convencional, esto por las prácticas realizadas al incorporar en la huerta algún cultivo de leguminosas y los residuos de tejidos vegetales de podas y arvenses. La producción organomineral resultó con 67% más en comparación a la convencional, puesto que realizan aplicaciones de estiércoles, residuos de pajas y fertilizantes nitrogenados, incluso está por arriba de la huerta con producción orgánica (Cuadro 3).

En la huerta organomineral la cantidad de fósforo en el suelo fue alto (16.48 g kg⁻¹) de acuerdo a la clasificación Olsen. Los suelos de la huerta orgánica presentaron solo 9.81 g kg⁻¹ y el suelo de la huerta convencional cuantificó solo 8.54 g kg⁻¹ de P. Estos valores se ubican en rangos de medio (5.5 -11) a alto (>11), rangos propuestos por Salgado *et al.*, (2013) y NOM-021-RECNAT-2000.

De acuerdo con las observaciones hechas en las huertas, se considera que el valor más alto de fósforo tiene que ver con el tipo de textura del suelo y el manejo orgánico que se hacía en años pasados y que se cambió a organomineral por no obtener un precio de fruto orgánico. Sin embargo, algunos productores están de acuerdo en que, a pesar de fertilizar las huertas de mango en forma convencional, una buena estrategia es la incorporación de residuos orgánicos (Zhi, 2017).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es un indicador del poder amortiguador de los suelos, tiene que ver con los sitios de carga de las arcillas (Pérez *et al.*, 2017) y la capacidad de reserva nutrimental. En el suelo de la huerta organomineral y convencional se presentaron los valores más altos (29.18, 20.56 cmol₍₊₎ kg⁻¹) y en el suelo de huerta orgánica (15.56 cmol⁺ kg⁻¹). Como puede observarse el suelo de la huerta orgánica presenta el CIC más bajo, contrario a lo que muestra la teoría, ya que en suelos arcillosos el CIC mayor que en aquellos que se clasifican como suelos arenosos.

En la salud de los cultivos *in situ*, se pudo demostrar que en las huertas organomineral y orgánica, los productores hacen en forma indirecta un manejo de ambientes seminaturales, porque hacen varias prácticas, pero no contemplan las funciones que aportan. Estas prácticas se presentan más en temporada de lluvias que en temporada de secas, en ambos manejos de las huertas durante todo el año hay presencia de arvenses.

El productor que realiza manejo convencional no realiza manejo de ambiente seminaturales dentro de las huertas y las arvenses únicamente se presentan en las etapas finales del cultivo ya que posterior introduce el ganado para que se alimente (Cuadro 4). Las huertas bajo el manejo convencional y orgánico tienen estrategias de conservación, porque de acuerdo con la ubicación se presentan condiciones.

Cuadro 4. Resultado de las variables seleccionadas por los productores en relación al manejo de la biodiversidad en sus huertas.

Ítem	Huertas		
	Organomineral	Orgánico	Convencional
Sistema de manejo	Monocultivo convencional, con uso racional de agroquímicos	Monocultivo orgánico con diversificación, con uso de insumos orgánicos o biológicos	Monocultivo convencional, con alto uso de agroquímicos
Diversidad genética	Dos variedades del cultivo principal	Dos variedades del cultivo principal	Dos variedades del cultivo principal
Aprovechamiento área libre de cultivo	Nada de superficie	26-50% de superficie	25% de superficie
Biodiversidad productiva	Ninguna	4-5 especies	Ninguna
Conexión ecológica con el área externa	Menos de 12% del perímetro posee cercas vivas	Entre 51 y 75% del perímetro se encuentra rodeado por cercas vivas	Menos de 12% del perímetro posee cercas vivas
Diversidad de especies aprovechables	Una o ninguna especie	6-7 especies	Una o ninguna especie
Diversidad de especies en barreras vivas	Una especie	> 3 especies	Ninguna
Manejo de ambiente seminaturales	Existen, pero sin considerar sus funciones	Existen, pero sin considerar sus funciones	No existen
Presencia de arvenses	Durante todo el ciclo del cultivo	Durante todo el ciclo del cultivo	Solo en etapa final del cultivo
Área de zonas de conservación	Únicamente en época de lluvias	Al menos un lado presenta algún área de conservación	Al menos un lado presenta algún área de conservación
Diversidad circundante	Rodeado por cultivos o carretera	Al menos un lado por vegetación natural	Al menos un lado por vegetación natural

En la huerta convencional al menos en un costado (12% de área total) de esta se presenta vegetación silvestre, por estar en las faldas de un cerro, con esto se obtiene beneficios como los corredores biológicos y los beneficios ecosistémicos que el cerro puede ofrecer. La huerta organomineral solo

durante la época de lluvias puede presentar zonas de conservación (12%), esta huerta se encuentra rodeada por otras huertas y terracería. Pero en la huerta orgánica hay al menos 55-75 del área de cercas vivas, lo que permite se incremente la conexión ecológica con el área externa (Cuadro 4).

En la biodiversidad productiva solo la huerta orgánica tiene en su terreno además de las dos especies de mango comerciales cuatro a cinco especies más como se mencionó en la reseña de las huertas (Cuadro 4). Está documentado que la diversificación de los cultivos en las huertas de mango para autoconsumo y algunos ingresos por la venta de los excedentes favorecen al agroecosistema por diferentes motivos como control de la erosión de los suelos, incremento en la fertilización.

Cuando se siembran leguminosas, control de entomopatógenos y lo más importante es el incremento en el rendimiento del cultivo del mango, más la cosecha de los cultivos intercalados entre los frutales. Además, de la relación complementaria de efectos sinérgicos que existe entre algunos componentes del sistema (Dhara y Sharma, 2015; Murmu *et al.*, 2018). En la huerta orgánica el rendimiento se triplica en comparación con la huerta convencional, esto concuerda con Dhara y Sharma, (2015) que obtuvieron mejor producción en mango al intercalar leguminosas, debido a la interacción entre árbol y leguminosas ayudan a mejorar el estado de fertilidad del suelo.

De acuerdo con la Figura 2, del manejo de la biodiversidad se observa que la huerta orgánica presenta mayor diversidad circundante, presencia de arvenses, zonas de conservación, conexión ecológica y cercas vivas que las huertas convencional y organomineral. La huerta convencional refleja una menor interacción entre los componentes del agroecosistema.

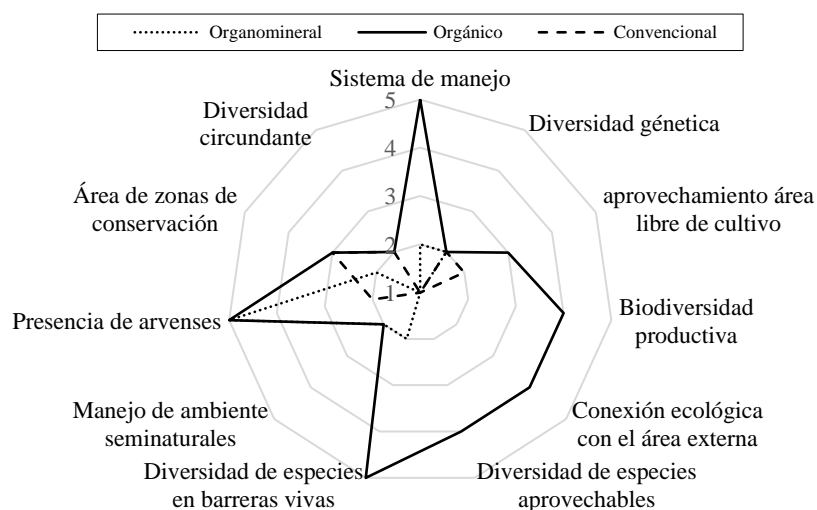


Figura 2. Resultados del manejo de la biodiversidad en huertas de mango en Cajones, Michoacán. Los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad y el intermedio el valor umbral.

De acuerdo con la metodología propuesta por Vázquez (2013), en función de los parámetros evaluados es posible observar que en las tres huertas hay diferencia en las relaciones que están presentes para tener un agroecosistema más estable y tendiente a la resiliencia. En la huerta organomineral hay menos elementos que propician interacciones que en la huerta orgánica como barreras vivas y diversidad de especies aprovechables.

Esta biodiversidad constituye un indicador del buen funcionamiento de los agroecosistemas que a su vez aumenta su capacidad de autorregulación por las múltiples relaciones entre sus componentes bióticos y abióticos (Vargas-Batis *et al.*, 2014). En la huerta orgánica hay más interacciones que promueven la estabilidad de la huerta como, conexión ecológica con el área externa y biodiversidad productiva.

Conclusiones

Las tres huertas estudiadas presentan diferencias notables en la calidad del suelo y no así en la salud de los cultivos. No concuerda que la huerta con mayor rendimiento en el ciclo 2019 (20 t ha⁻¹) que fue la orgánica tenga el suelo más fértil y resiliente. Esto se debe principalmente a las prácticas de manejo que hace el productor, que es la aplicación de los productos vía foliar, así como la presencia de biodiversidad de los cultivos, incorporación de las arvenses y una alta productividad.

Cada uno de los productores manifiesta estar satisfechos con la forma en que manejan sus huertas, al igual que recuperan las inversiones realizadas cada ciclo. Sin importar el sistema de producción, se concluye que las huertas tienen la capacidad de producir el mango y otros alimentos adaptadas a las condiciones bioclimáticas y a las necesidades del mercado y se constituyen como sistemas productivos, rentables y algunas sustentables al servicio de los agricultores y consumidores.

Literatura citada

- Altieri, M. y Nicholls, C. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 64:14-20.
- Castellanos, A. Z.; Uvalle B. J. X. y Aguilar S. A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2^{da}. edición. 226 p.
- Cisneros J. M. 2016. Hacia un nuevo paradigma en conservación de suelos: el ordenamiento territorial. *Anales ANAV*. 222-244 pp.
- Cotler, H.; Martínez, M. y Etchevers, J. D. 2016. Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: investigación y políticas públicas. *Terra Latinoam*. 34(1):125-138.
- Das, A.; Mandal, K. K.; Hasan, M. A.; Bhattacharya, B.; Majumder, D. and Bandopadhyay, B. 2009. Effect of organic and inorganic nutrients on improving flowering. *Acta Hortic*. 820:371-380.
- Dhara, P. K. and Sharma, B. 2015. Evaluation of mango based agroforestry is an ideal model for sustainable agriculture in red and laterite soil. *J. Pure Appl. Microbiol*. 9(2):265-272.
- FAO. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. <http://faostat3.fao.org/home/index-es.html?locale=es>.
- García, H. Y. y Romero, G. F. 2016. Evaluación de la fertilización organomineral del cultivo de pepino en la finca los Ramírez, municipio Manati. *Rev. Digital del Medio Ambiente "Ojeando la agenda"*. 43:1-20.
- Hazelton, P. and Murphy, B. 2016. Interpreting soil test results: what do all the number mean?. CSIRO Publishing. Third edition. Australia. 185 p.
- Infante, L. A. 2015. Los faros agroecológicos definición y caracterización a partir de una experiencia de reconstrucción rural en el secano de Chile central. *Agroecología*. 10(1):73-78.

- Labrador, J. 2012. Avances en el conocimiento de la dinámica de la materia orgánica dentro de un contexto agroecológico. *Agroecología*. 7(1):91-108.
- Mali, S. S.; Naik, S.; K. and Bhatt, B. P. 2016. Spatial variability in soil properties of mango Orchards in Eastern Plateau and Hill Region of India. *Vegetos. Inter. J Plant Res.* 29(3):1-6.
- Márquez, R. F.; Julca, O. A.; Canto, S. M.; Soplín, V. H.; Vargas, W. S. y Huerta, F. P. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la convención Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*. 15(2):125-132.
- Martínez, H. E.; Fuentes, E. J. P. y Acevedo, H. E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 8(1):68-96.
- Medina-Méndez, J.; Volke-Haller, V.; Cortés-Flores, J. I.; Galvis-Spínola, A.; González-Ríos, J. y Santiago-Cruz, M. de J. 2014. Estado nutrimental y producción de fruto de mango (*Mangifera indica* L.), cv. Tommy Atkins, en suelos luvisoles del estado de Campeche, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 20(3):253-268.
- Medina-Urrutia, V. M.; Vázquez-García, M. and Virgen-Calleros, G. 2011. Organic mango production in Mexico: Status of orchard management. *Acta Hortic.* 894:255-264.
- Mora, M. J.; Gamboa, P. J. y Elizondo, M. R. 2002. Guía para el cultivo del mango. INTA. San José, Costa Rica. 74 p.
- Murmu, S.; Chowdary, K.; Roy, D.; Patra, B. and Dhara, P. 2018. Productivity and soil fertility status of mango-based agroforestry system in red and laterite zone of West Bengal. *Current. J. Appl. Sci. Technol.* 25(3):1-8.
- NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación. 2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de La Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>.
- Pérez, R. A.; Galvis, S. A.; Bugarín, M. R., Hernández, M. T. M.; Vázquez P. M. y Rodríguez, G. A. 2017. Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU + n). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8(1):171-177.
- Salgado, G. S.; Palma, L. D. J.; Castelán, E. M.; Lagunes, E. L. C. y Ortiz, H. L. 2013. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. H. Cárdenas. Tabasco, México. 101 p.
- Sánchez-Hernández, R.; Ramos-Reyes, R.; Geissen, V.; Mendoza-Palacios, J. de D.; Cruz-Lázaro, E.; Salcedo-Pérez, E. y Palma-López, D. J. 2011. Contenido de carbono en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico mexicano. *Terra Latinoam.* 29(2):211-219.
- SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Vargas-Batis, B.; Candó-González, L.; Pupo-Blanco, Y. G.; Ramírez-Bravo, A. y Rodríguez-Suárez, E. J. 2014. Complejidad de cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba a partir del análisis de la biodiversidad. *Ciencia en su PC.* 4:55-65.
- Vázquez, M. L. L. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología*. 8(1):33-42.
- Zhi, Y.; Zhuan-Miao, K.; Tinyu, B.; Rui-Zho, Ch.; Hua-Dong, L.; Haiwei, Q. and Dian, L. 2017. Evaluation and analysis of relationship between soil nutrients and mineral nutrients in main mango producing areas of Sanya. *Southwest China J. Agric. Sci.* 30(4):803-810.