

# **Efecto de las prácticas agrícolas (agroecología/convencional) sobre la calidad química y microbiológica de suelos destinados a la producción agrícola en el sur de Jalisco.**

Alethze Macías Arteaga

Alejandro Macías Macías

## **1. INTRODUCCIÓN**

El suelo es un componente fundamental y pieza clave de los ecosistemas terrestres; además, es un recurso natural y vital para las plantas (Jiao *et al.*, 2014). Está constituido en su mayoría por materiales minerales, producto de la descomposición de la roca madre de la corteza del globo terráqueo y por factores bióticos, es decir, plantas, animales, materia orgánica y microorganismos que se encargan de desintegrar a ésta última y mezclarla con las partículas minerales (Acosta, 2007).

De acuerdo con Bardgett y van der Putten (2014) el suelo puede albergar millones de especies de microorganismos y miles de millones de organismos individuales dentro de un solo ecosistema. De tal forma que estos microorganismos influyen en algunas de sus propiedades, tales como el régimen hídrico, aireación, fertilidad y composición. Por ello, cada nivel de organismos, desde la microflora hasta la macrofauna es crucial para las propiedades del suelo e influye en su calidad y nutrientes (Lavelle *et al.*, 2006, Turbé *et al.*, 2010).

No obstante, debido a que en la actualidad los cultivos para la producción de alimentos comprenden cerca de un tercio de la superficie terrestre, la agricultura es la mayor transformación que ha sufrido el hábitat (Landeros-Sánchez *et al.*, 2011). Por tal motivo, la degradación de los suelos agrícolas, que ocasionan pérdidas en rendimiento de los cultivos, ponen en riesgo a la población mundial, considerando que la producción de alimentos debe aumentar para el año 2050 (Hou *et al.*, 2020).

Así pues, de acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) los procesos de degradación del suelo afectan tanto a sus propiedades biológicas como químicas (SEMARNAT, 2018). Por su parte, la Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) afirma que las principales causas de la degradación del suelo se deben principalmente a actividades de deforestación, plantaciones con monocultivos, uso excesivo de pesticidas inorgánicos, cambio de uso de suelo o bien, falta de planificación de las tierras.

Según la FAO (2018) las tierras cultivadas en el mundo han cambiado a lo largo de los años, pues algunos países como China, Brasil y Argentina han establecido nuevas áreas agrícolas entre los años 2000 a 2016, incrementando 57, 300 km<sup>2</sup>, 221,400 km<sup>2</sup> y 201, 900 km<sup>2</sup> respectivamente. Sin embargo, otros países han presentado una reducción en la superficie utilizada para la producción agrícola, probablemente debido a la pérdida de su economía, tierra fértil, contaminación y erosión del suelo. Tal es el caso de Estados Unidos con -85, 365 km<sup>2</sup>, Australia con -844, 220 km<sup>2</sup> y México con -940 km<sup>2</sup>.

Con la finalidad de combatir esta problemática, la agroecología, entendida como la ecología de los sistemas agrícolas y alimentarios (Francis *et al.*, 2003), se ha propuesto cada vez más desde los años 2000 como un concepto útil para guiar una transformación de estos sistemas agrícolas fallidos, que además enfrentan retos globales como la grave pérdida de biodiversidad, hambre, desnutrición, escasa resiliencia agrícola e insuficiente seguridad de vida para los agricultores (Altieri *et al.*, 2015; Francis *et al.*, 2003; Gliessman, 2007; IAASTD, 2009; Wanger *et al.*, 2020; Wezel *et al.*, 2009).

En este sentido, la transformación de los sistemas alimentarios requiere de una serie de pasos, que pueden resultar en niveles de transición hacia un mayor acuerdo con los conocimientos y principios agroecológicos (Gliessmann, 2016). Dichos principios, van desde aquellos relacionados con los componentes del agroecosistema y perspectivas parciales, como la salud del suelo y la salud animal, hasta conceptos más amplios, como la sinergia y conectividad de componentes y procesos dentro y entre dimensiones ecológicas, económicas y sociales en diversas escalas de los sistemas agrícolas y alimentarios (Méndez *et al.*, 2016).

Por tales motivos, se llevó a cabo un estudio comparativo entre dos huertas ubicadas en el sur de Jalisco, en las que se realizan diferentes prácticas agrícolas (agroecológicas/convencionales), con el objetivo de conocer el efecto que tiene cada práctica sobre la calidad química y microbiológica de los suelos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción del área de estudio

Los muestreos para los análisis de suelo fueron tomados de dos huertas: una con prácticas agroecológicas (A) y una con prácticas convencionales (B). Éstas se encuentran ubicadas en el estado de Jalisco, en los municipios de Zapotlán el Grande y Tuxpan, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación geográfica de las huertas muestreadas.

Huerta	Latitud Norte	Longitud Oeste
A	19.576303618124776	-103.44128064285985
B	19.7112	-103.4721

### 2.2 Obtención de muestras

Se realizaron 3 muestreos de cada huerta durante los meses de Junio, Agosto y Octubre, con el objetivo de tener 3 repeticiones y de éstas, sacar un promedio para la obtención de resultados más representativos.

Los muestreos se realizaron conforme a lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-200. De esta manera, para el levantamiento de muestras primeramente se marcaron tres puntos esparcidos a lo largo del campo de manera diagonal. Posteriormente, en cada uno de los puntos se introdujo una pala recta a una profundidad de 30 cm para tomar 500 gr de suelo (Figura 1). A continuación, los 3 puntos fueron mezclados (Figura 2) con la finalidad de obtener una muestra homogénea que tuviera un peso total de 1 kg.



**Figura 2. Recolección de muestras.**



**Figura 2. Homogeneización de muestras.**

Finalmente, las muestras fueron enviadas al laboratorio en un periodo máximo de 2 días, para que los análisis fueran realizados de manera óptima.

### **2.3 Análisis en laboratorio**

Las muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado SA-159-005/11, llamado Gisenalabs® para determinar la calidad y disponibilidad de nutrientes en los suelos; así como la presencia de microorganismos.

Las variables evaluadas fueron % de materia orgánica, mg/kg de macronutrientes como fósforo y nitratos, así como micronutrientes tales como cobre, hierro, manganeso, zinc y boro. Además, se evaluaron cmol<sup>+</sup>/kg de calcio, magnesio, sodio, potasio y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

De igual manera, se identificó la presencia de microorganismos, ya sea patógenos o benéficos.

La metodología utilizada por dicho laboratorio fue la propuesta por la NOM-021-RECNAT-2000. Pasados 10 días, se obtuvieron los resultados y finalmente, éstos fueron analizados.

Por su parte, para la determinación de microorganismos se realizaron técnicas de dilución, aislamientos en medios de cultivo, identificaciones morfológicas y pruebas rápidas de hipersensibilidad.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla 2. Evaluación de nutrientes en parcela agroecológica y convencional en el sur de Jalisco (2024)

	Macronutrientes									
	Materia orgánica (%)					Nitatos (mg/kg)				
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.
Parcela agroecológica	1.63	1.54	3.30	2.16	0.99	13.80	13.40	18.90	15.37	3.07
Parcela convencional	1.21	1.02	1.22	1.15	0.11	0.00	5.36	6.62	3.99	3.52
	Macronutrientes									
	Fósforo (mg/kg)					Boro (mg/kg)				
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.
Parcela agroecológica	126.60	50.70	150.50	109.27	52.11	0.97	0.83	1.42	1.07	0.31
Parcela convencional	54.20	40.50	57.40	50.70	8.98	0.30	0.37	0.41	0.36	0.06
	Macronutrientes									
	Calcio (cmol+/kg)					Magnesio (cmol+/kg)				
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.
Parcela agroecológica	14.20	14.20	23.50	17.30	5.37	6.73	5.93	5.80	6.15	0.50
Parcela convencional	2.80	3.20	8.50	4.83	3.18	1.16	1.25	2.82	1.74	0.93
	Macronutrientes									
	Sodio (cmol+/kg)					Potasio (cmol+/kg)				
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.
Parcela agroecológica	0.97	0.57	0.35	0.63	0.31	1.80	0.64	1.83	1.42	0.68
Parcela convencional	0.28	0.27	0.26	0.27	0.01	0.38	0.43	0.80	0.54	0.23
	Macronutrientes									
	CIC (cmol+/kg)									
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.					
Parcela agroecológica	23.70	21.40	31.53	25.54	5.31					
Parcela convencional	4.60	5.10	12.40	7.37	4.37					
	Micronutrientes									
	Hierro (mg/kg)					Manganeso (mg/kg)				
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.
Parcela agroecológica	17.10	9.42	16.50	14.34	4.27	6.13	1.81	3.86	3.93	2.16
Parcela convencional	71.90	95.00	103.50	90.13	16.35	1.44	2.23	2.59	2.09	0.59
	Micronutrientes									
	Zinc (mg/kg)					Cobre (mg/kg)				
	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo	Promedio	Desv. Est.
Parcela agroecológica	2.64	2.15	13.70	6.16	6.53	2.72	1.80	4.76	3.09	1.51
Parcela convencional	0.75	0.56	0.23	0.51	0.26	1.71	1.42	1.06	1.40	0.33

Parcela agroecológica ubicada en Ciudad Guzmán (19.5763, -103.4412).

Parcela convencional ubicada en Tuxpan (19.7112, -103.4721).

Primer muestreo 6 de marzo; segundo muestreo 12 de agosto; tercer muestreo 15 de octubre.

Fuente: Elaborado con base en muestras obtenidas en campo y análisis de laboratorio por parte de Gisena labs.

### 3.1 Disponibilidad de nutrientes en huerta agroecológica y convencional

Los niveles de materia orgánica y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) son indicadores de la habilidad que tienen los suelos para retener cationes, así como la cantidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo cual permite determinar en gran medida su fertilidad. Están directamente relacionados, dado que un suelo con bajo CIC indica un suelo pobre en materia orgánica (López *et al.*, 2019).

De acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, el porcentaje de materia orgánica en la huerta A fue considerado medio (1.6 - 3.5), en tanto que en la huerta B, se determinó como bajo (0.6 - 1.5) (Figura 3). Asimismo, los niveles de CIC fueron considerados como medio (15 - 25) y bajo (5 - 15), respectivamente (Figura 4).

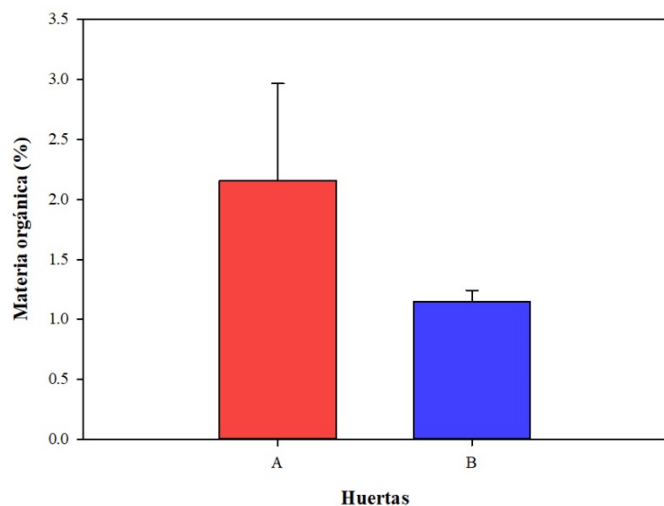


Figura 3. Comparación del porcentaje de materia orgánica entre huertas.

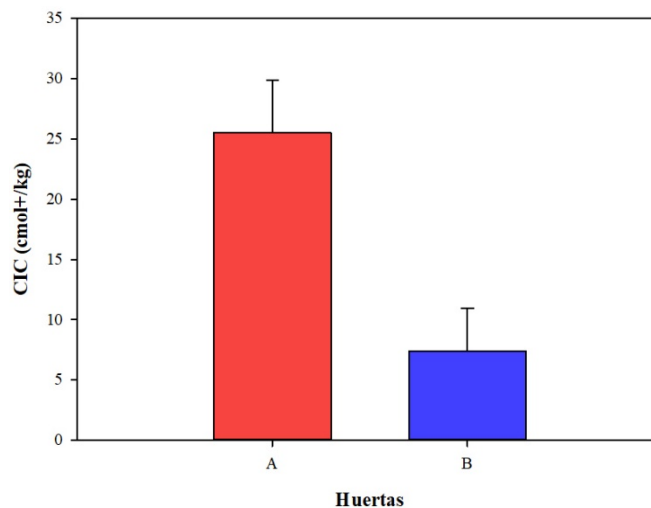


Figura 4. Comparación del nivel de CIC entre huertas.

La materia orgánica tiene un efecto directo sobre las propiedades físicas del suelo, ya que forma agregados y proporciona estabilidad estructural uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, así como disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso (Graetz, 1997).

De igual manera, interviene sobre las propiedades químicas del suelo, aumentando la reserva de nutrientes y facilitando su absorción. Finalmente, en cuanto a las propiedades

biológicas, favorece los procesos de mineralización y sirve de alimento a una multitud de microorganismos que a la vez, forman simbiosis con los organismos vegetales que se desarrollan sobre la superficie de los suelos (Graetz, 1997). Es por ello que se puede relacionar a porcentajes altos de materia orgánica con una mejor calidad de los suelos.

Asimismo, de acuerdo con la FAO (2024), un suelo con bajo CIC representa una baja habilidad para retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. Por lo tanto, estos suelos suelen presentar mayores problemáticas con la fertilidad necesaria para el desarrollo de cultivos. Como se pudo observar con anterioridad, los resultados proporcionados por los análisis, coinciden en la relación que existe entre CIC y materia orgánica presente en cada huerta.

En cuanto a la disponibilidad de nutrientes, de acuerdo con lo estipulado por la NOM-021-RECNAT-2000, los valores de nitratos y fósforo de la huerta A se encontraron en niveles bajos (10-20 mg/kg) y altos (> 30 mg/kg) respectivamente. Por su parte, en la huerta B se determinaron como muy bajos (0-10 mg/kg) y altos (> 30 mg/kg) respectivamente. A pesar de que en ambas huertas se observó un déficit de nitratos, la huerta A presentó una mayor disponibilidad de ambos macronutrientes (Figura 5 A), en comparación con la huerta B (Figura 5 B).

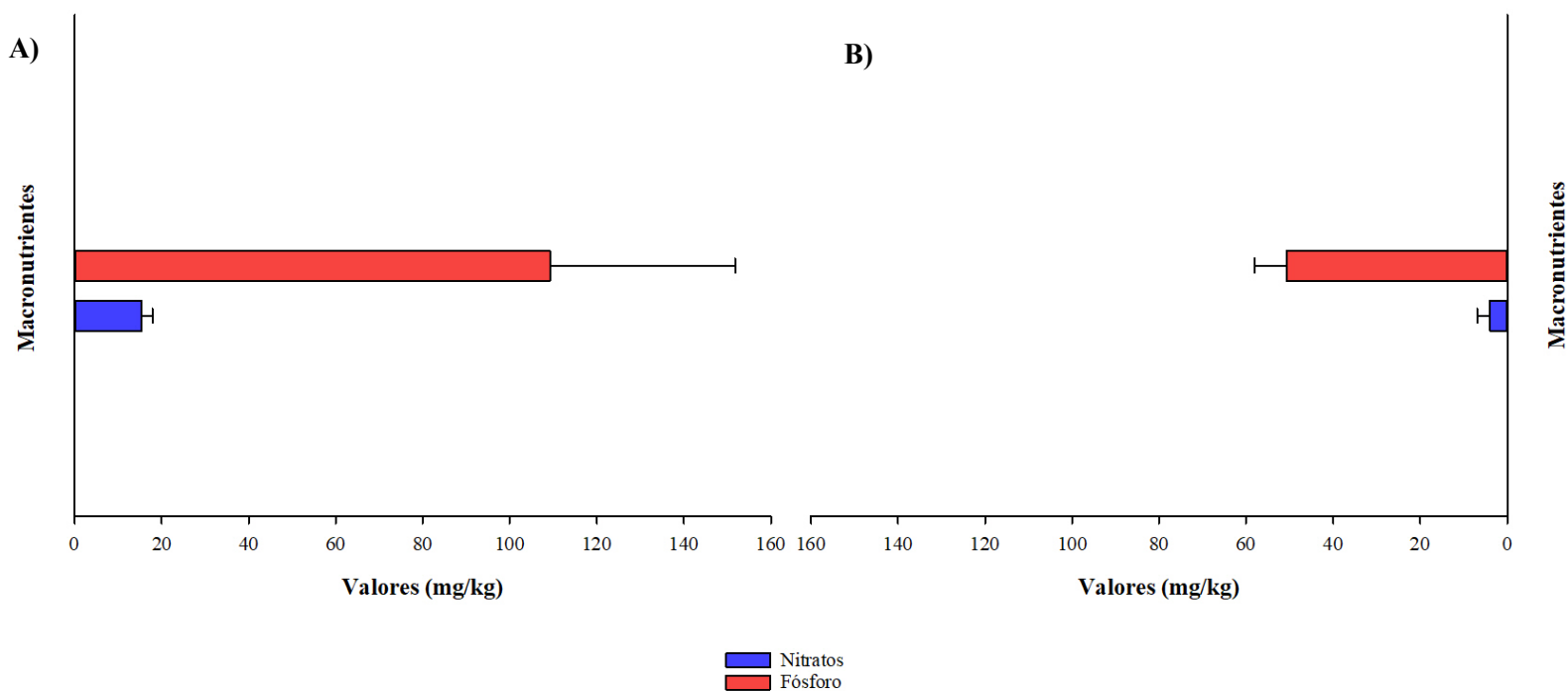


Figura 3. Niveles de macronutrientes medidos en mg/kg. A) Huerta A. B) Huerta B.

De igual manera, se observaron mayores niveles de los macroelementos medidos en  $\text{cmol}^+/kg$  en la huerta A (Figura 6 A). Por ende, la huerta B demostró contar con una menor presencia de calcio, magnesio, sodio y potasio (Figura 6 B).

Según la NOM-021-RECNAT-2000, los valores de la huerta A fueron considerados altos en calcio ( $> 10 \text{ cmol}^+/kg$ ), altos en magnesio ( $> 3.0 \text{ cmol}^+/kg$ ), bajos en sodio ( $< 1.0 \text{ cmol}^+/kg$ ) y altos en potasio ( $> 0.6 \text{ cmol}^+/kg$ ). Por su parte, los niveles de la huerta B fueron determinados como bajos en calcio ( $2.0 - 5.0 \text{ cmol}^+/kg$ ), medios en magnesio ( $1.3 - 3.0 \text{ cmol}^+/kg$ ), bajos en sodio ( $< 1.0 \text{ cmol}^+/kg$ ) y medios en potasio ( $0.3 - 0.6 \text{ cmol}^+/kg$ ).

Es importante mencionar que en ambas huertas se encontraron bajos niveles de sodio, lo cual es óptimo en suelos debido a que medianos y altos niveles de salinidad pueden afectar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En general, los problemas de salinidad incluyen el incremento del estrés osmótico, lo que se traduce en una menor capacidad de absorción de agua por las plantas, lo que a la vez ocasiona un crecimiento y desarrollo limitado de las mismas, que repercute en su rendimiento (Minhas *et al.*, 2020).



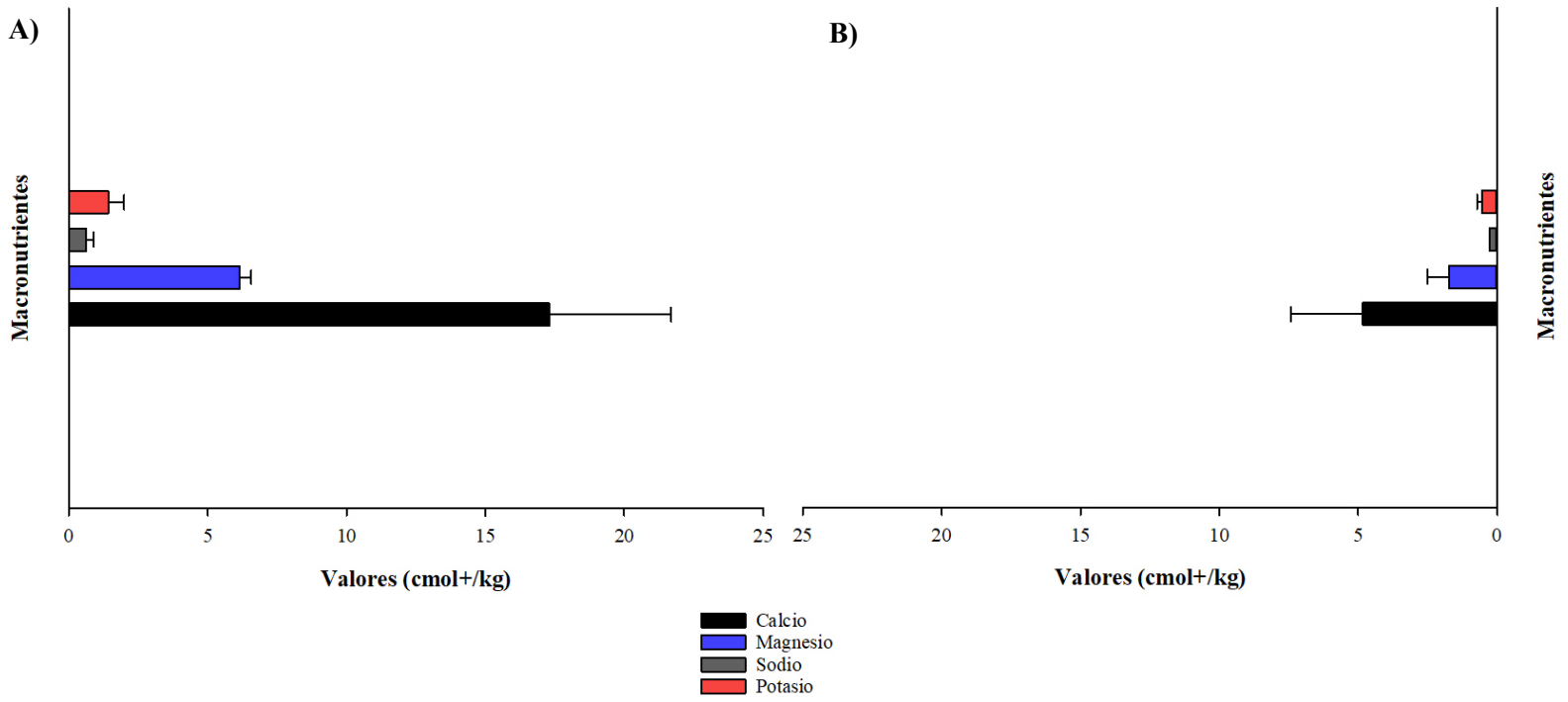


Figura 4. Niveles de macronutrientes medidos en cmol+/kg. A) Huerta A. B) Huerta B.

En cuanto a los niveles de micronutrientes, se observó una mayor disponibilidad de éstos en la huerta A (Figura 7 A) que en la huerta B (Figura 7 B), a excepción del hierro, aunque en ambas huertas se encontraron en proporciones óptimas.

De esta manera, de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, se determinaron valores adecuados de cobre (> 0.2 mg/kg), hierro (> 4.5 mg/kg), manganeso (> 1.0 mg/kg) y zinc (> 1.0 mg/kg), así como valores medios de boro (0.8 – 1.29 mg/kg) en la huerta A. Por su parte, en la huerta B se determinaron valores adecuados de cobre, hierro y manganeso. No obstante, los niveles de zinc fueron determinados como marginales (0.5 – 1.0 mg/kg) y los de boro como bajos (0.39 – 0.79 mg/kg).

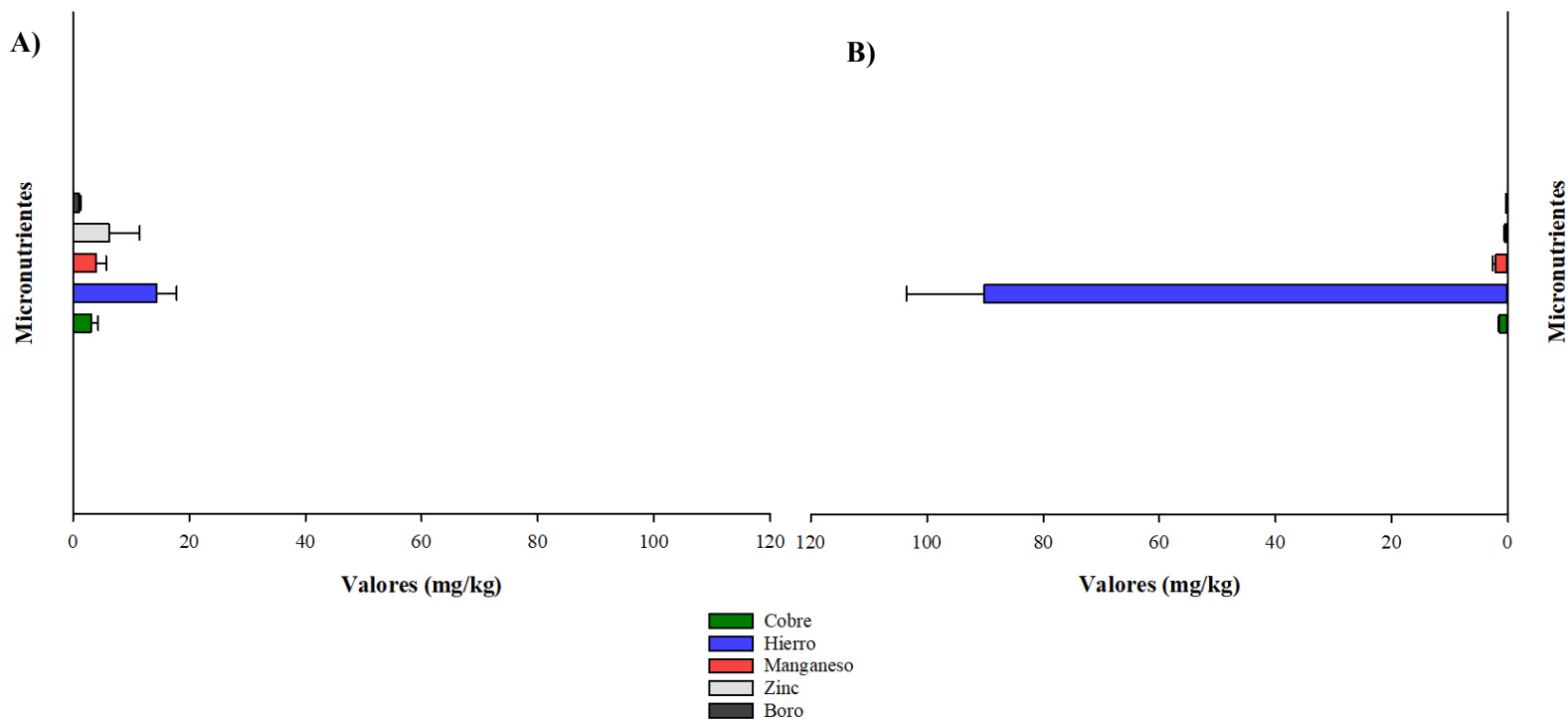


Figura 5. Niveles de micronutrientes medidos en mg/kg. A) Huerta A. B) Huerta B.

### 3.2 Presencia de microorganismos en huerta agroecológica y convencional

En la huerta A se encontró la presencia de microorganismos tanto fúngicos (también conocidos como hongos), como bacterianos. Durante los tres muestreos, los hongos que se observaron con más frecuencia fueron *Rhizoctonia* sp. en primer lugar, seguido de *Pythium echinulatum* y finalmente, *Fusarium solani*. Por otra parte, en todos los muestreos se visualizó la prevalencia de bacterias del género *Bacillus*, así como una fuerte presencia de actinomicetos (Tabla 3).

**Tabla 3. Presencia de microorganismos en huerta A durante tres muestreos.**

<b>Primer muestreo</b>	
<b>Hongos</b>	<b>Bacterias</b>
<i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Bacillus</i> sp.
<i>Pythium echinulatum</i>	Actinomicetos
<b>Segundo muestreo</b>	
<i>Fusarium solani</i>	<i>Bacillus</i> sp.
<i>Rhizoctonia solani</i>	Actinomicetos
<b>Tercer muestreo</b>	
<i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Bacillus</i> sp.
<i>Pythium echinulatum</i>	

A pesar de que únicamente se reportó la presencia de los microorganismos anteriormente visualizados en la tabla, esto no quiere decir que no hubieran más, simplemente puede deberse a que el resto no creció en los medios de cultivo utilizados durante su aislamiento, o que los microorganismos reportados inhibieron su crecimiento. Lo anterior da pie a que se puedan realizar posteriores estudios de poblaciones microbianas utilizando técnicas más específicas.

Así pues, en la huerta B se observó una mayor presencia de microorganismos fúngicos, que fueron prácticamente los mismos durante los tres muestreos, a excepción del último muestreo en el que se visualizó la presencia de *Cladosporium* sp. Sin embargo, también se observó la presencia de bacterias conocidas por su actividad benéfica e inhibidora de potenciales microorganismos fitopatógenos, tales como *Bacillus* sp., actinomicetos y *Pseudomonas fluorescens* (Tabla 4).

**Tabla 4. Presencia de microorganismos en huerta B durante tres muestreos.**

<b>Primer muestreo</b>	
<b>Hongos</b>	<b>Bacterias</b>
<i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Fusarium solani</i> <i>Pythium echinulatum</i>	<i>Bacillus</i> sp.
<b>Segundo muestreo</b>	
<i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Fusarium solani</i> <i>Pythium echinulatum</i>	<i>Bacillus</i> sp. Actinomicetos
<b>Tercer muestreo</b>	
<i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Fusarium solani</i> <i>Cladosporium</i> sp.	<i>Pseudomonas fluorescens</i>

Los resultados reportados por el laboratorio no incluyeron el número de Unidades Formadoras de Colonias (UFC's) de cada microorganismo. Dichas mediciones permiten estimar el número de células bacterianas o fúngicas viables en una muestra (Sánchez *et al.*, 2017). Por este motivo, no se logró realizar una comparación de la prevalencia microbiana entre las dos huertas analizadas.

Sin embargo, se pudo observar que los microorganismos presentes no fueron tan diferentes entre los suelos de las dos huertas. Por lo que posteriormente, en el caso de microorganismos fitopatógenos, habría que estudiar con mayor detenimiento el número de plantas con síntomas de enfermedad en cada huerta, e identificar a los agentes que pudieran estar ocasionándolas.

#### **4. CONCLUSIONES**

De acuerdo con el análisis de indicadores utilizados para evaluar la calidad del suelo, como lo son la materia orgánica y la CIC, se observaron mejores niveles de ambos en la huerta A, con manejo agroecológico, que en la huerta B, con manejo convencional. En esta última se obtuvieron valores bajos de ambos indicadores, lo que puede afectar a la disponibilidad de los nutrientes y a la prevalencia de la microbiota, ambos necesarios en el desarrollo de los cultivos.

En cuanto a la medición de nutrientes, se pudo observar una clara diferencia entre ambas huertas; siendo la huerta A la que presentó los niveles más óptimos. A pesar de que en la evaluación de los micronutrientes se observó una mayor cantidad de hierro en la huerta B, este fue el único elemento que presentó dicha discrepancia. Por lo tanto, se pudo concluir que el manejo agroecológico permite obtener una mejor disponibilidad de nutrientes y por ende, reduce la erosión de los suelos.

Finalmente, los resultados microbiológicos no mostraron diferencias claras entre los tratamientos, probablemente debido a que no se identificaron microorganismos de relevancia por la falta de técnicas con mayor especificidad. Así como a la falta de unidades medibles reportadas por el laboratorio al que se enviaron las muestras. Por consiguiente, será necesario realizar un segundo estudio en el que se puedan estudiar las poblaciones microbianas de cada parcela a una mayor profundidad.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio*, 3(5), 55-59.

Altieri M.A., Nicholls C.I., Henao A., et al. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agron Sustain Dev.*;35:869–890. 10.1007/s13593-015-0285-2

Bardgett R.D., van der Putten W.H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*;515:505–11.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016). El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i5588s/i5588s.pdf>.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2018. El comercio agrícola, el cambio climático y la seguridad alimentaria. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9542Es/i9542es.pdf>.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2024). Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Disponible en <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>.

Francis C., Lieblein G., Gliessman S., et al. (2003). Agroecology: the ecology of food systems. *J Sustain Agric*;22(3): 99–118. 10.1300/J064v22n03\_10

Gliessman S. (2016): Transforming food systems with agroecology. *Agroecol Sustain Food Syst*;40(3):187–189. 10.1080/21683565.2015.1130765.

Gliessman S.R. (2007). *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC Press, Taylor & Francis, New York, USA;384.

Graetz, H. A., 1997. *Suelos y Fertilización*. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p.

Hou, D., O'Connor, D., Igalavithana, A. D., Alessi, D. S., Luo, J., Tsang, D. C. W., Sparks, D. L., Yamauchi, Y., Rinklebe, J. & Ok, Y. (2020). Metal contamination and bioremediation of agricultural soils for food safety and sustainability. *Nature Reviews Earth and Environment*, 1(7), 366–381. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0061-y>.

IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) (2009). *Agriculture at a crossroads. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development. Synthesis report: a synthesis of the global and sub-global IAASTD reports*. Eds.: McIntyre, B.D. Herren, H.R. Wakhungu, J. Watson, R. T. Island Press, Washington, DC.

Jiao, S., Zhang, M., Wang, Y., Liu, J. & Li, Y. (2014). Variation of soil nutrients and particle size under different vegetation types in the Yellow River Delta. *Acta Ecologica Sinica*, 34(3), 148-153. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.022>

Landeros-Sánchez, C., Moreno-Seceña, J. C., NikolskiiGavrilov, I. & Bakhlaeva-Egorova, O. (2011). Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. En Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado volumen I* (pp. 477-491). Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/280319743>.

Lavelle P., Decaëns T., Aubert T. et al. (2006). Soil invertebrates and ecosystems services. *Eur J Soil Biol*;42:3–15.

López Báez, W., R. Reynoso-Santos, J. López-Martínez, B. Villar-Sánchez, R. Camas-Gómez y J. García-Santiago. 2019. Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10: 897-910. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1764>.

Méndez V., Bacon C., Cohen R., et al. (2016): Agroecology: a transdisciplinary, participatory and action-oriented approach. *Agroecol Sustain Food Syst*;37(1):3–18. [10.1080/10440046.2012.736926](https://doi.org/10.1080/10440046.2012.736926).

Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., & Pereira, L. S. (2020). Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos: Estudios, muestreos y análisis. Disponible en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>.

Sánchez, E. P., Núñez, D., Cruz, R. O., Torres, M. A., & Herrera, E. V. (2017). Simulación y conteo de unidades formadoras de colonias. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 6(1), 97-111.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018). Segundo informe del estado del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Disponible en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>.

Wanger T.C., DeClerck F., Garibaldi L.A., et al. (2020). Integrating agroecological production in a robust post-2020 Global Biodiversity Framework. *Nat Ecol Evol*;4(9):1150–1152. 10.1038/s41559-020-1262-y.

Wezel A., Bellon S., Doré T., et al.(2009): Agroecology as a science, a movement and a practice. *A review. Agron Sustain Dev*;29:503–515. 10.1051/agro/2009004.