

Transición agroecológica en *Musa x paradisiaca* L. variedad 'Enano Gigante' en Tecomán, Colima, México



<https://cu-id.com/2247/v39e03>

Agroecological transition in *Musa x paradisiaca* L. 'Giant Dwarf' variety in Tecomán, Colima, México

✉ Edgar Oswaldo Andrade García, ✉ José Manuel Palma García*, ✉ Rocío Cuellar Olalde

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, México, C.P.28934.

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue comparar un sistema de transición agroecológica respecto al del tipo convencional sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) variedad 'enano gigante'. El trabajo se desarrolló en una finca en el ejido Cofradía de Hidalgo, municipio de Tecomán, Colima. El tratamiento de transición agroecológica se basó en lixiviado de lombriz (c/15 días) y aplicación de los hongos (c/25 días) *Trichoderma harzianum* Rifai *Baeuveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson y 75 kg/ha de la mezcla física Yara (14 N-03 P-30 K-3 S-2 Mg- 0,18 Zn-0,12 B) + 35 Ca) cada 30 días y el sistema convencional con 250 kg/ha de la misma mezcla de fertilizantes, en intervalos de 30 días más el uso de agroquímicos para control de plagas, según manejo del productor durante un ciclo. Se evaluó: altura de la planta, número de hojas diámetro del pseudotallo, peso del racimo, peso raquis, número de manos, número de dedos de la tercera mano, longitud de fruto, diámetro de fruto, rendimiento y la relación beneficio/costo (b/c). Se usó un ANOVA para medidas repetidas en tiempo con 10 repeticiones por tratamiento. El sistema de transición agroecológica presentó los mejores resultados fenológicos y generó la mejor relación b/c con 3.46, comparado con 1.53 respecto al sistema convencional. Este sistema agroecológico redujo en un 70 % la fertilización convencional, además de evitar el uso de agroquímicos en el control de plagas, con un mejor comportamiento fenológico, productivo y económico con relación al manejo convencional.

Palabras clave: hongos, lixiviado, lombricultura, fertilizante, rendimiento, rentabilidad.

ABSTRACT: The objective of this work was to compare an agroecological transition system with the conventional type regarding growth, yield and cultivation profitability of banana (*Musa x paradisiaca* L.) 'Giant Dwarf' variety. The work was carried out on a farm in the Cofradía de Hidalgo ejido, municipality of Tecomán, Colima. The agroecological transition treatment was based on application of earthworm (e/15 days) leachate; the fungi (e/25 days) *Trichoderma harzianum* Rifai, *Baeuveria bassiana* (Bals.) Vuill, and *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson; and 75 kg/ha of the physical mixture Yara (14 N-03 P-30 K-3 S-2 Mg- 0.18 Zn -0.12 B) + 35 Ca every 30 days. The conventional system was 250 kg/ha of the same fertilizer mixture at intervals of 30 days plus the use of agrochemicals for pest control, according to the producer's management during a cycle. Plant height, leaves, pseudostem diameter, cluster weight, rachis weight, hands, third hand fingers, fruit length, fruit diameter, yield and the benefit/cost ratio were evaluated. An ANOVA was used for repeated measures over time with 10 repetitions per treatment. The agroecological transition system presented the best phenological results and generated a better b/c ratio of 3.46 than the 1.53 ratio of the conventional system. This agroecological system reduced conventional fertilization by 70 % in addition to avoiding the use of agrochemicals in pest control, with better pheno

Keywords: fungi, leachate, wormculture, fertilizer, yield, profitability.

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca* L.) tiene su origen en Asia meridional y es el tercer fruto más importante del mundo (1). En 2020, México, ocupó el doceavo lugar como productor mundial, con una producción de 2 000 298 toneladas anuales. El estado de Colima, ocupa el quinto lugar a nivel nacional, con una producción de 207 765 toneladas anuales, destacándose en ese territorio la producción orgánica de banano con enfoque de agro-exportación, según el Servicio de información agroalimentaria y pesquera (2).

En México, el 80 % de la superficie agrícola se fertiliza con productos de síntesis química en distintas

dosis, dependiendo de la capacidad económica del productor; aunque, en la mayoría de los casos, se aplican sin el rigor técnico requerido. Esta práctica se refleja en que muchos productores emplean cantidades desmesuradas de fertilizantes, sin contar con la información previa del tipo, características, disponibilidad y limitaciones de nutrientes en el suelo para el cultivo de interés y sus requerimientos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (3) la planta aprovecha, únicamente, entre el 30 y 40 % del fertilizante aplicado en el suelo.

Debido a los altos precios de los fertilizantes químicos, a la gran cantidad de residuos agropecuarios y

*Autor de correspondencia: José Manuel Palma García. E-mail: palma@ucol.mx

Recibido: 18/12/2023

Aceptado: 06/02/2024

a su mala gestión en el estado de Colima, se plantea un cambio en este sector para pasar de un modelo de economía lineal a un modelo de economía circular. Se hace necesario que los agroecosistemas se asemejen al funcionamiento de los ecosistemas naturales, fomentando el ciclo de los recursos: donde estos se extraen, se utilizan y se devuelven a su ecosistema original (4).

Como resultado de la búsqueda de alternativas que permitan disminuir las aplicaciones de fertilizantes minerales, en el mundo se aplica un sinnúmero de variantes para lograr una nutrición ecológicamente sostenible. La tendencia es proteger el ambiente sin afectar la producción, y de manera que permita satisfacer la creciente demanda de alimentos en el mundo reduciendo el costo económico y que socialmente sea una alternativa (5). Una de estas estrategias es el uso de mezclas orgánicas (6); sin embargo, para lograr una transición agroecológica son necesarias las mezclas orgánico-minerales que favorezcan la disponibilidad y absorción de nutrientes en los cultivos (7).

Además, cabe mencionar que las principales plagas presentes en nuestras condiciones productivas son: el picudo negro [*Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824)] que incrementa la susceptibilidad a plagas, con pérdidas de hasta el 40 % del cultivo (8), la gallinita ciega (*Phyllophaga* sp.) que se alimenta de las raíces con daños de hasta 50 % en la planta (9) y el nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) que ocasiona deformación de raíces, ramificaciones excesivas y pudrición de estas por estar asociado a la presencia de hongos y bacterias (10).

Por lo antes descrito y para promover la sostenibilidad en la agricultura, es necesario incorporar elementos de la agroecología, en particular, en el cultivo de banano, como alternativa a los sistemas de producción basado en agroquímicos (7).

De ahí, que el objetivo de esta investigación fue comparar un sistema de transición agroecológica en el que se combinaron una mezcla de fertilización orgánica-mineral con hongos entomopatógenos y antagonistas y el sistema convencional de uso de fertilización química y control de plagas con químicos de síntesis, sobre el crecimiento, rendimiento y costo de producción de banano (*Musa x paradisiaca* L.) variedad 'enano gigante' en Tecomán, Colima, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en un predio comercial ubicado en las siguientes coordenadas geográficas; latitud 18°54'08.452 N, longitud 103°47'33.614 O, a una altura de 20 msnm, localizado en el ejido Cofradía de Hidalgo que pertenece al municipio de Tecomán, estado de Colima, México (11). El rango de temperatura media anual en esa área geográfica es de 25,2°C y la precipitación promedio cada año es de 837,2 mm.

El experimento se realizó en un periodo de 11 meses, que representa un ciclo productivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) variedad 'enano gigante', en una huerta de 15 años de edad. El marco de siembra es de 2 x 2 m para una densidad de población de 2500 plantas ha⁻¹

En la figura 1, se muestra el área de estudio correspondiente a 4 ha; 2 ha con sistema convencional (SC) con 250 kg/ha c/30 días de fertilización química de la mezcla física Yara (14 N-03 P-30 K-3 S-2 Mg-0,18 Zn-0,12 B) y agroquímicos usado de manera común por los productores de la región y 2 ha con sistema transición agroecológico (STA) con lixiviado de lombriz y aplicación de los hongos *Trichoderma harzianum* Rifai (1969), *Baeuveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson [hongos entomopatógenos y antagonistas]+ calcio (35 Ca) y 75 kg/ha c/30 días kg/ha de la mezcla física Yara.

Análisis de suelo

Se realizó el análisis físico químico de una muestra representativa a los 0,40 m de profundidad del área de estudio (tabla 1).

Fertilizantes orgánicos

Área de acondicionamiento del alimento y precomposteo

En este espacio se realizó el precomposteo de la materia prima que se recibió del área de estudio. Los materiales fueron: estiércol de codorniz seco, raquis de banano picado fresco, los cuales se dejaron reposar 15 días hasta que la temperatura subió hasta 40 a 50°C, pero se evitó que llegara hasta los 80°C. Para acelerar este proceso fue importante airear y voltear, roseándola con agua cada vez que la temperatura subía hasta los 40-50°C. Se utilizó un termómetro de aguja para el monitoreo de la temperatura. El alimento para la lombriz tuvo una humedad del 85 %, una temperatura no mayor a los 45°C y un pH entre 6 a 8 (12).

Lixiviado de lombriz africana: (*Eudrius eugeniae* (Kinberg, 1867). La elaboración de lixiviado se obtuvo a través del establecimiento de camas, las cuales tuvieron las siguientes medidas; altura 0,50 m, largo 6,0 m y el ancho 3,0 m, pendiente de 5 %, con humedad aproximada de 80 % (12) de tal manera que se facilitó el manejo del trabajo para los procesos de revisión, alimentación, riego, drenaje, recolecta y cosecha del lixiviado.

Análisis de lixiviado de lombriz

Se realizó el análisis físico químico de una muestra representativa del lixiviado (tabla 2). Dosis utilizada, 50 L/ha con un costo de \$174,00 pesos con un valor de aplicación durante 11 meses se contabilizó en \$ 1914,00 pesos por vía drench.

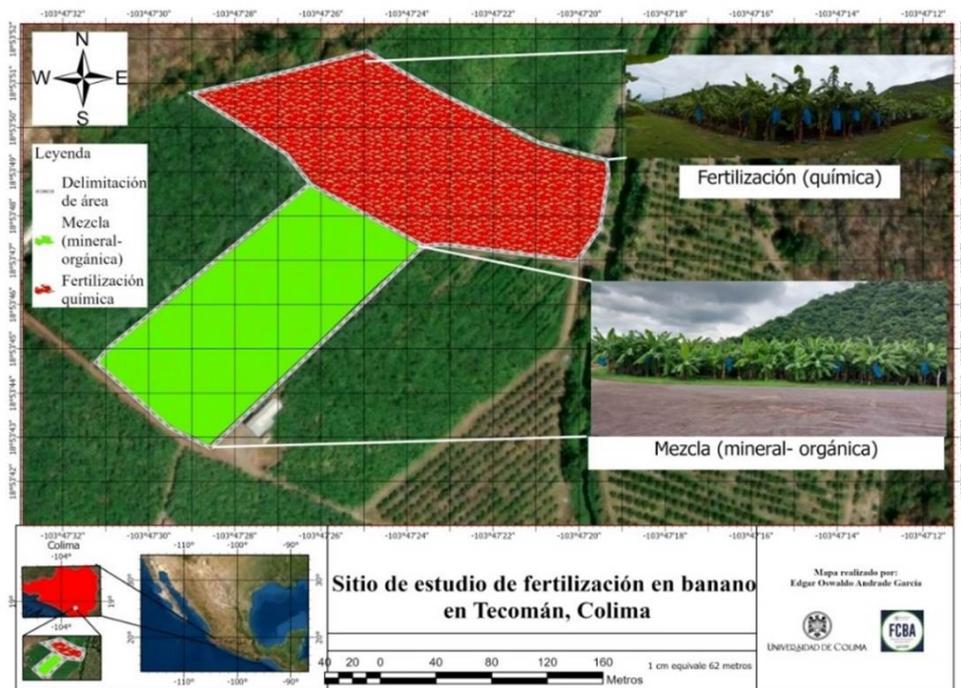


Figura 1. Sitio de estudio de transición agroecológica en banano en Tecomán, Colima, México/*Agroecological transition study site in bananas in Tecomán, Colima, México.*

Tabla 1. Análisis de suelo de sitio experimental del cultivo de banano en Tecomán, Colima, México/*Soil analysis of the experimental site for banana cultivation in Tecomán, Colima, México.*

Descripción	Símbolo	Unidad	Resultado
pH			8,23
Conductividad eléctrica	CE	ds/m	0,65
Materia orgánica	MO	%	2,20
Profundidad de muestra	Prof.	cm	40,00
Capacidad de intercambio catiónico	C.I.C	meq/100g	16,17
Nitrógeno total	N-NO3	ppm	6,11
Fósforo	P	ppm	2,08
Potasio	K	ppm	2,54
Calcio	Ca	ppm	2347,90
Magnesio	Mg	ppm	305,57
Sodio	Na	ppm	295,89
Hierro	Fe	ppm	1,31
Manganeso	Mn	ppm	5,14
Cobre	Cu	ppm	9,62
Zinc	Zn	ppm	2,78
Boro	B	ppm	0,17

Microorganismos

Se utilizaron *T. harzianum*, *B. bassiana* y *P. lilacinus* manejados en bolsas de arroz de 300 g, que fueron adquiridos en el laboratorio microorganismos de producción comercial en la asociación de papayeros del estado de Colima (COEPAPAYA). La concentración aplicada por ha fue de 2×10^9 esporas ml^{-1} .

Diseño experimental

Se eligieron 10 plantas, todas al azar, para desarrollar la investigación como repeticiones por cada tratamiento, evitándose el efecto de borde al elegir plantas

al centro cada 15 metros los tratamientos fueron vía Drench, tanto para el sistema en transición agroecológica (STA) como para el sistema convencional (SC) los cuales se describen en cantidades y tiempos de aplicación en el período experimental en la [tabla 3](#).

Variables a evaluar

a) Altura de la planta (cm) parámetro que se registró midiendo desde la base del tallo hasta el punto de inserción de la hoja bandera; b) hojas existentes en la planta (número) y c) Diámetro del pseudotallo, referido al grosor (cm), a 10 cm de altura a partir de la base del tallo, en forma mensual. El rendimiento

Tabla 2. Análisis de fertilizante orgánico (lixiviado de lombriz)/Analysis of organic fertilizer (worm leachate)

Descripción	Símbolo	Unidad	Resultado
pH			8,27
Conductividad eléctrica	CE	ds/m	10,23
Materia orgánica	MO	%	0,85
Ácidos húmicos	AH	%	11,45
Ácidos fúlvicos	AF	%	17,80
Nitrógeno total	NT	%	0,70
Fósforo	P	mg/L	146,00
Potasio	K	mg/L	5674,37
Calcio	Ca	mg/L	6973,48
Magnesio	Mg	mg/L	111,00
Sodio	Na	mg/L	799,50
Hierro	Fe	mg/L	29,08
Manganeso	Mn	mg/L	1,14
Cobre	Cu	mg/L	2,35
Zinc	Zn	mg/L	6,42
Boro	B	mg/L	57,50

Fuente: elaborada por los autores

Tabla 3. Sistema de transición agroecológica comparada con sistema convencional/*Agroecological transition system compared to conventional system.*

Fuentes de abono	Aplicación (días)	Dosis (kg/ha)
Sistema agroecológico		
Lixiviado de humus de lombriz	15	50
<i>Thichoderma harzianum</i> *	25	0,300
<i>Baeuveria bassiana</i> **	25	0,300
<i>Paecilomyces lilacinus</i> **	25	0,300
Calcio (35Ca)	30	4
Mezcla física Yara (14N-03P-30K-3S-2Mg-0.18Zn-0.12B)	30	75
Sistema convencional		
Mezcla física Yara (14N-03P-30K-3S-2Mg-0.18Zn-0.12B)	30	250

*Antagonista **Entomopatógeno

Fuente: elaborada por los autores

se evaluó al momento de la cosecha de los racimos mediante: peso del racimo (kg), peso del raquis (kg), manos por racimo (número), dedos de la tercera mano (número), longitud del fruto (cm), diámetro central del fruto a partir de los dedos centrales de la tercera mano del racimo (cm), rendimiento (t/ha^{-1}) y para tasar el beneficio/costo, se tomaron en cuenta los costos de manejo agronómico. La fórmula a utilizar fue:

$$\text{Costo variable unitario} = \frac{\text{costo variable}}{\text{(unidades producidas)}}$$

En el costo variable estuvo compuesto por:

- Labores de campo.
- Jornales (día).
- Manejo de la plantación

Deshijes: eliminación de los hijos o brotes laterales de la planta. seleccionando un solo hijo de espada en buen estado y dirección correcta.

Ariero.

Desflores: descarte de forma temprana de las estructuras florales que están adheridas al dedo del banano.

Saneos: eliminación total o parcial de hojas atacadas por sigatoka negra, que pueda dañar el racimo, hacer puentes entre plantas y causen una reinfección.

Amarre: consiste en el atado en un extremo de la planta entre la tercera y cuarta hoja; mientras el otro extremo es amarrado en sentido contrario de la caída, en la parte basal de las plantas vecinas.

Embolse: protección mecánica y química de la fruta con bolsa plástica de tubo continuo en un estado de desarrollo temprano.

- Materiales: fertilización química, orgánica, microorganismos, agroquímicos, dron, bolsas, rafia.
- Otros: luz, gasolina, análisis de suelo y lixiviado.
- Para obtener la ganancia bruta ($\$/ha^{-1}$) y neta ($\$/ha^{-1}$), la ganancia ($\$/kg^{-1}$), el costo ($\$/kg^{-1}$) y la relación beneficio/costo (b/c)

Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó mediante el programa estadístico STATISTIX versión 8 (13). Se utilizó un análisis de varianza para medidas repetidas en el tiempo y comparación múltiple de medias con prueba Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [tabla 4](#), se muestra que el sistema de transición agroecológica tuvo un mejor comportamiento en la mayoría de las variables morfoagronómicas ($P < 0,05$), excepto en el número de hojas, manos/racimos y dedos de la tercera mano en donde no difieren estadísticamente ($p > 0,05$).

Según los rubros que permiten estimar el costo de producción por ha⁻¹ en dos sistemas de fertilización, la estrategia de transición agroecológica obtuvo la mejor relación beneficio/costo ([Tabla 5](#)).

La presente propuesta permitió desarrollar un sistema de transición agroecológica mediante el uso de una mezcla de fertilización orgánica a través del empleo de humus de lombriz combinado con el 30 % del fertilizante químico utilizado convencionalmente por el productor cooperante, a lo cual se le añadieron hongos entomopatógenos. Todo ello, con la finalidad de mejorar las condiciones del suelo que permitan un control biológico a nivel de raíz en este sistema mediante *T. harzianum* como fungicida y solubilizador de nutrientes (14), *B. bassiana* como insecticida (8) como organismos entomopatógenos y *P. lilacinus* como control de nematodos (15), como elementos centrales que modifican el uso de agroquímicos y favorecen la sustentabilidad del sistema de producción.

El uso de lixiviado de lombriz se basa en la aportación de diversos nutrientes contenidos en este abono líquido, tales como los ácidos húmicos, fúlvicos y minerales, principalmente, potasio y nitrógeno (16)

como se obtuvo en el presente estudio. Inducir la alimentación de las lombrices mediante el raquis del banano provenientes del mismo sistema, enfatiza el enfoque agroecológico (17) y modifica la perspectiva del productor al reutilizar los residuales de su sistema mediante estrategias de reciclaje. Asimismo, la aportación de MO que mejora la estructura del suelo y permanece como alimentación para los microorganismos aplicados en la mezcla y otros presentes en el suelo, explican estos resultados y sustentan la transición agroecológica del sistema.

El sistema agroecológico propuesto favorece el desarrollo y producción de banano, de manera similar a los resultados reportados por Brisseth (18) quien en su estudio demostró que en la combinación de 100 cm³ de microorganismos activos, 2,3 L *Pseudomonas fluorescens*, 3,0 L de humus, se presentó el mayor desarrollo y producción de banano.

La sistematización y frecuencia de aplicación a través del sistema de riego en el cultivo de banano favoreció las variables fenológicas de la planta, semejante a lo reportado por Montaña (19) quien aplicó microorganismos eficientes.

A la vez, el mejor desarrollo y sanidad de la planta se ve reflejado en que este sistema que cubre las necesidades nutricionales de los cultivos a partir de un enfoque de agricultura ecológica que se revierte en favorables rendimientos del cultivo, al lograr un diferencial de 19,62 t/ha⁻¹ equivalente a 29,50 % más de producción, lo cual ayuda a desmitificar que los sistemas agroecológicos no son competitivos en la producción de alimentos. Al respecto, Galecio-Julca et al. (20) obtuvo 9 manos/racimo, 30,63 kg/racimo, 162 dedos de frutos de banano/racimo y un rendimiento de 51,06 t.ha⁻¹, con la aplicación de 33,30 t.ha⁻¹ compost + microorganismos eficientes. Ese enfoque tiene una connotación importante en cuanto a mano de obra por el volumen de compost aplicado, así como

Tabla 4. Comparación de variables morfo agronómicas y rendimiento de banano en dos sistemas de producción/Comparison of banana morpho agronomic variables and yield in two production systems.

Variable	Sistema			
	Convencional	Agroecológico	EEM	P
Altura (cm)	170,53 b	178,83 a	2,02	0,0027
Hojas (No)	8,49 a	8,76 a	0,12	0,0661
Diámetro del pseudotallo (cm)	59,98 b	62,79 a	0,65	0,0018
Peso racimo (kg)	28,50 b	36,94 a	3,28	0,0301
Peso raquis (kg)	1,91 b	2,50 a	0,17	0,0090
Manos/racimo (No)	8,00 a	8,60 a	0,52	0,2789
Dedos tercer mano (No)	19,40 a	20,30 a	0,72	0,2440
Longitud de fruto (cm)	19,85 b	21,65 a	0,32	0,0004
Diámetro de fruto (cm)	12,72 b	13,26 a	0,19	0,0209
Rendimiento t.ha ⁻¹	66,48b	86,10 a	7,79	0,0329

a, b distinta literal en lamisma fila significa diferencia estadística (Prueba Tukey $p < 0,05$)

Fuente: elaborada por los autores

Tabla 5. Costos de producción y relación costo/beneficio por hectárea en dos sistemas de fertilización en un ciclo productivo de banano/Production costs and cost/benefit ratio per hectare in two fertilization systems in a banana production cycle.

Rubro	Sistema	
	Convencional (\$/ha ⁻¹)	Transición Agroecológica (\$/ha ⁻¹)
Labores de campo		
Jornalero	27500,00	27500,00
Manejo de plantación		
Deshijes	2400,00	2400,00
Ariero	19360,00	19360,00
Materiales		
Microorganismos		9757,80
Calcio (35 Ca)		5900,00
Lixiviado lombriz africana		1897,50
Mezcla física Yara*	55000,00	22000,00
Regen y sultron (insecticida y fungicida)	4560,00	
Solvilgo nematicida (nematicida)	8754,00	
Rizhomagic (enraizador)	1920,00	
Manzate postick	11800,00	11800,00
Inex-A	1165,00	1165,00
Dron	10000,00	10000,00
Bolsa y rafia	7000,00	7000,00
Otros		
Luz y gasolina	7079,52	7079,52
Análisis (suelo y lixiviado)	1300,00	2600,00
Costo de producción \$.ha ⁻¹	157838,52	115880,30
Ganancia bruta \$.ha ⁻¹	398880,00	516600,00
Ganancia neta \$.ha ⁻¹	241041,48	400719,70
Ganancia \$/kg ⁻¹	3,63	4,65
Costo \$/kg ⁻¹	2,37	1,35
Relación beneficio/costo	1,53	3,46

*(14N-03P-30K-3S-2Mg-0.18Zn-0.12B) precio al productor en venta de fruta nacional \$6,00 MX (2023).

Fuente: elaborada por los autores

por la maquinaria y combustible fósil requerido, lo cual es diferente a la propuesta del presente ensayo, pues el lixiviado de lombriz al ser un producto líquido se administra vía sistema de riego, con la optimización de los recursos tanto humanos como materiales, reportando beneficios económicos para el productor.

Cabe resaltar, que el uso de microorganismos benéficos en el sistema de transición agroecológica sustituyó una parte importante de los productos químicos de síntesis, tales como insecticidas, nematicidas, enraizadores del sistema convencional por *T. harzianum* (fungicida), *B. bassiana* (insecticida), *P. lilacinus* (nematicida) que favorecen la salud del suelo y la planta (21). Es decir, no solo se logró mejorar la sanidad del sistema, sino que también aportó beneficios en el contexto fenológico y productivo. Aunque, no se redujo de manera significativa el uso de agroquímicos, es un reto futuro encontrar las estrategias que eliminen tanto el 30 % de la fertilización química, como los agroquímicos que se manejaron en el sistema.

Esta estrategia repercutió en la disminución de los costos de producción asociados a un menor uso de agroquímicos. Dado que se redujo el uso del

fertilizante químico en un 70 %, asimismo se evitó el empleo de varios productos químicos de síntesis, con implicaciones económicas por los altos precios de los primeros y por la dependencia del uso de este tipo de tecnologías entre los productores. La estrategia de transición agroecológica propuesta implicó modificar el pensamiento del productor, que dada la rentabilidad obtenida respecto al sistema convencional que utilizaba, al final del periodo de estudio, propuso la adopción del sistema en toda el área productiva, considerándolo como una alternativa sustentable en el contexto de la agricultura agroecológica.

CONCLUSIONES

El sistema de transición agroecológica logró mejores resultados en cuanto comportamiento de las variables morfo agronómicas con un ahorro del 70 % del fertilizante químico, un incremento en el rendimiento de 86.10 t.ha⁻¹ comparado con 66.48 t.ha⁻¹ y favoreció el b/c con 3.46 con relación a 1.53, respectivamente, del sistema convencional

AGRADECIMIENTOS

Al productor L.E Gabriel Chávez Arceo, por permitirnos realizar la presente investigación en su rancho.

REFERENCIAS

1. Olivares BO, Vega A, Calderón MAR, Rey JC, Lobo D, Gómez JA, et al. Identification of Soil Properties Associated with the Incidence of Banana Wilt Using Supervised Methods. *Plants*. 2022;11(15):2070. DOI: [10.3390/plants11152070](https://doi.org/10.3390/plants11152070)
2. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. Panorama Agroalimentario 2020: “Datos de un campo que avanza sin dejar a nadie atrás”. Ciudad de México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. [Consultado 20 Sept. 2022]. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicacionessiap/pag/2020/AtlasAgroalimentario-2020.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. Anuario Estadístico. México. 2017. [Consultado 20 Sept. 2022]. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/Employment/docs/Recruitment_brochure_final_Spanish2.pdf
4. Castro F IG, González-Guerra G M, del Pilar Restrepo-Elorza M, Montiel-Carrillo A P, Álvarez-Rivera K Y, Linares-Luna R G, Hernández S. Residuos de frutas y vegetales como materias primas para la producción de biocombustibles: potencial en el estado de Guanajuato. *Digital Ciencia@ UAQRO*. 2022;15(1):8-19. <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/697/759>
5. Grageda-Cabrera OA, Díaz-Franco A, Peña-Cabriales JJ, Vera-Núñez JA. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Remexca*. 2018;3(6):1261–74. DOI: [10.29312/remexca.v3i6.1376](https://doi.org/10.29312/remexca.v3i6.1376)
6. Albuquerque ARL, Merino A, Angélica RS, Omil B, Paz SPA. Performance of ash from Amazonian biomasses as an alternative source of essential plant nutrients: An integrated and eco-friendly strategy for industrial waste management in the lack of raw fertilizer materials. *Journal of Cleaner Production*. 2022;360:132222. DOI: [10.1016/j.jclepro.2022.132222](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132222)
7. Torres LA, Raffo-Follecó LA, Bermeo-Almeida OX, Cruz-Romero CE. Desarrollo sustentable con base en una propuesta agroecológica para agrícolas bananeras. Caso agrícola Don Víctor. *Revista Científica FIPCAEC*. 2021;6(1):128-161. DOI: [10.23857/fipcaec.v6i1.432](https://doi.org/10.23857/fipcaec.v6i1.432)
8. Paico-Marín SR, Fernández-Gaitán CE, Iglesias-Osores S. Efecto de *Beauveria bassiana* irradiada (UV-C) en el control de *Spodoptera frugiperda* y *Cosmopolites sordidus*. *Rev Agrotec Amaz*. 2023;3(2):e541. DOI: [10.51252/raa.v3i2.541](https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.541)
9. Urtecho IB. Population distribution of the main pests and their natural enemies present in cocoa (*Theobroma cacao* L.), in the areas of Morropón, La Quemazón, Virgen del Carmen and Tunal-Piura 2020. 2023. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/4465>
10. Morocho-Ponce DE, Cevallos-Solorzano S. Bacterias con potencial biocontrolador de patógenos para plantaciones de banano *Musa* spp. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2023; 54:196-206. <https://revista.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/view/4090>
11. Google Earth. (2022). <https://earth.google.com/web/@18.94674011,103.89587231,54.63467212a,71.09733239d,35y,0h,0t,0r>. [Consultado 20 octubre 2022].
12. Dobre Batista LG, Lorenzo Montero L, Shinzato MC. Millipedes and earthworms: a comparison of their efficiency and the quality of the resulting products. *Environmental Technology*. 2024;45(3):569–80. DOI: [10.1080/09593330.2022.2114861](https://doi.org/10.1080/09593330.2022.2114861)
13. Statistix. (2003). Manual del usuario del software analítico. Versión 8
14. Andrade-Hoyos P, Rivera-Jiménez MN, Landero-Valenzuela N, Silva-Rojas HV, Martínez-Salgado SJ, Romero-Arenas O. Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*. 2023;55(4):366–77. DOI: [10.1016/j.ram.2023.06.005](https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005)
15. Varela-Benavides I, Durán-Mora J, Guzmán-Hernández T. Evaluación *in vitro* de diez cepas de hongos nematófagos para el control de *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita* y *Radopholus similis*. *TM*. 2017;30(1):27. DOI: [10.18845/tm.v30i1.3062](https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3062)
16. Rincones PA, Zapata JE, Figueroa OA, Parra C. Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). *Inf tecnol*. 2023;34(2):11–20. DOI: [10.4067/s0718-07642023000200011](https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200011)
17. Barrios E, Gemmill-Herren B, Bicksler A, Siliprandi E, Brathwaite R, Moller S, et al. The 10 Elements of Agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosystems and People*. 2020;16(1):230–47. DOI: [10.1080/26395916.2020.1808705](https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705)
18. Brisseth R. Efecto de la combinación de humus líquido y microorganismos en el desarrollo y producción de banano. Tesis de Doctoral, Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador. 2023. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ROMAN%20SARCO%20MARCIA%20BRISSETH.pdf>

19. Montaña, CA. Emisión foliar con aplicación de microorganismos benéficos en el cultivo de banano *Musa paradisiaca* L. en el cantón Pasaje, provincia El Oro. Tesis Licenciatura. Universidad de Guayaquil, Ecuador. 2021. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53222>
20. Galecio-Julca M, León-Huamán KL, Aguilar-Ancota R. Effect of organic sources and efficient microorganisms on the yield of the organic banana crop (*Musa* spp. L.). Manglar. 2020;17(4):301–6. DOI: [10.17268/manglar.2020.045](https://doi.org/10.17268/manglar.2020.045)
21. Castillo-Arévalo T. Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. Rev Univ Caribe. 2022; 28(01):95–102. DOI: [10.5377/ruc.v28i01.14449](https://doi.org/10.5377/ruc.v28i01.14449)

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Edgar Oswaldo Andrade García:** conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, recursos, visualización, redacción del borrador original. **José Manuel Palma García:** conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, redacción (revisión y edición). **Rocío Cuellar Olalde:** conceptualización, recursos, redacción del borrador original.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)