








## Cáscaras de Banano (*Musa paradisiaca*): Uso Potencial como Bioestimulante en el Cultivo de Tomate

### Banana Peels (*Musa paradisiaca*): Potential use as Biostimulant in Tomato Cultivation

Shailili M. Moreno-Morales<sup>1\*</sup> , Andy A. Palma-Vera<sup>2</sup> , Marisol Rivero-Herrada<sup>2</sup> ,  
Juan José Reyes-Pérez<sup>2</sup> , Luis Tarquino Llerena-Ramos<sup>2</sup> ,  
Wiston J. Morales-Rodríguez<sup>2</sup>  y Eduardo Fabian Quinatoa-Lozada<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Yachay Tech, Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería. Hda. San José s/n, Proyecto Yachay. 100119 Urcuquí, Ecuador; (S.M.M.M.).

\* Autor para correspondencia: smoreno@yachay.edu.ec

<sup>2</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. 120501 Quevedo, Los Ríos, Ecuador; (A.A.P.V.), (M.R.H.), (J.J.R.P.), (L.T.L.I.R.), (W.J.M.R.).

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujili, Sector la Virgen. 050250 La Maná, Cotopaxi, Ecuador; (E.F.Q.L.).

## RESUMEN

La disminución progresiva de calidad en los cultivos afecta sus valores nutricionales y económicos. El abono con residuos orgánicos bioestimulantes gana terreno en investigaciones tecnológicas para enmendar suelos y sustratos, beneficiando el crecimiento y productividad de plantas; así resulta importante analizar residuos orgánicos usados con este fin, para aprovechar sus nutrientes y convertir desechos en materiales de provecho. Esta investigación busca analizar parámetros físico - químicos de cáscaras de banano (*Musa paradisiaca*), para la elaboración de bioestimulantes aprovechables en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). La metodología incluye la limpieza y secado de las cáscaras, molienda y división en grupos del material vegetal (I: Muestra cruda, II: Muestra para extracción etanólica, III: Muestra para extracción con acetona, IV: Muestra para extracción con éter de petróleo). Se determinaron grupos funcionales de metabolitos en los extractos; la muestra cruda seca y pulverizada, se mezcló con el suelo a diferentes porcentajes de masa, determinando su calidad con parámetros físico-químicos antes y después del proceso; se utilizó el suelo abonado para determinar el efecto de las mezclas sobre un cultivo *S. lycopersicum*, midiendo variables de crecimiento y productividad de las plantas. La extracción con etanol produce un mayor porcentaje de rendimiento y presenta un perfil de metabolitos más variado, aportando al suelo del cultivo una mejora significativa en la mayoría de las variables (micro y macronutrientes), sin embargo, se provoca un ligero aumento del pH y, a pesar de obtener mayor porcentaje de materia orgánica, los tratamientos aplicados no mejoran los parámetros de crecimiento y productividad del tomate. Los resultados permiten establecer parámetros de referencia relacionados con la composición química de los bioestimulantes, y sugieren profundizar en el uso de otras mezclas con cáscaras de banano, para contribuir a la reducción del uso de agroquímicos, ofreciendo alternativas amigables con el ambiente.

**Palabras clave:** banana, metabolitos, tratamientos del suelo.

## SUMMARY

The progressive decrease in the quality of crops affects their nutritional and economic values. Fertilizer with bio stimulant organic waste is gaining ground in technological research to amend soils and substrates, benefiting the growth and productivity of plants, thus it is important to analyze organic waste used for this purpose, to guarantee the use of its nutrients, converting waste into material



### Cita recomendada:

Moreno-Morales, S. M., Palma-Vera, A. A., Rivero-Herrada, M., Reyes-Pérez, J. J., Llerena-Ramos, L. T., Morales-Rodríguez, W. J., & Quinatoa-Lozada, E. F. (2024). Cáscaras de Banano (*Musa paradisiaca*): Uso Potencial como Bioestimulante en el Cultivo de Tomate. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-13. e2015. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.2015>

Recibido: 26 de junio de 2024.

Aceptado: 2 de septiembre de 2024.

Artículo. Volumen 42.

Septiembre de 2024.

Editor de Sección:

Dr. Luis G. Hernández Montiel

Editor Técnico:

Dr. David Cristóbal Acevedo



**Copyright:** © 2024 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

profitable. This research seeks to analyze physical-chemical parameters of banana peels (*Musa paradisiaca*), to produce biofertilizers and/or bio stimulants usable in tomato crops (*Solanum lycopersicum* L.). The methodology includes cleaning and drying the shells, grinding and dividing the plant material into groups (I: Raw sample, II: Sample for ethanolic extraction, III: Sample for extraction with acetone, IV: Sample for extraction with petroleum ether). Functional groups of metabolites were determined in the extracts; the dried and pulverized raw sample was used to fertilize soils at different mass percentage, determining its quality with physical-chemical parameters before and after the process, the fertilized soil was used to determine the effect of the mixtures on a *S. lycopersicum* crop, measuring plant growth and productivity variables. The ethanolic extract is obtained with a higher percentage yield and presents a more varied metabolites profile, providing the crop soil with a significant improvement in most of the variables (micro and macronutrients), however, it causes a slight increase in pH and, despite obtaining a higher percentage of organic matter, the applied treatments do not improve the growth and productivity parameters of the tomato. The results allow establishing reference parameters related to the chemical composition of bio stimulants, and suggest furthering the use of other mixtures based on banana peels, to contribute to the reduction of the use of agrochemicals, offering environmentally friendly alternatives.

**Index words:** *banana, metabolites, soil treatments.*

## INTRODUCCIÓN

El empobrecimiento progresivo de los suelos, que se utilizan para cultivos, es consecuencia de una serie de factores y condiciones que merman la producción y disminuyen la calidad de los productos en la agricultura. Uno de los factores más relevante es el constante y creciente uso de productos químicos sintéticos.

Los agroquímicos no naturales son una alternativa común para recuperar, mantener y mejorar la calidad de estos substratos; sin embargo, el uso de estos agentes ha causado un efecto dañino, tanto en factores bióticos como abióticos de los ecosistemas tratados (Ullauri, Ocampo y Espinoza, 2024).

Evidencia de ello es la acumulación de residuos tóxicos en agua, suelos y plantas alimenticias, que se ha hecho común debido al abuso en el intervalo de aplicaciones de productos sintéticos convencionales, dosis excesivas e incorrecto uso en determinados suelos cultivables (Molpeceres, Zulaica y Tomaino, 2023).

Entre las alternativas utilizadas para enfrentar esta situación se destaca el uso de bioactivos y biofertilizantes en la producción hortícola, lo cual representa una opción amigable con el ambiente y es un campo creciente en las investigaciones tecnológicas actuales (Reyes-Pérez *et al*, 2021).

En este sentido, debido a la preocupación por la calidad del suelo destinado a cultivo de alimentos, mejoras en las variables de crecimiento, fisiológicas y productividad de plantas, así como la necesidad imperante de preservar el ambiente, se hace necesario la generación de nuevos conocimientos en fitonutrientes para tener herramientas alternativas, que sean amigables con el ambiente y seguras para el ser humano.

Las investigaciones en preservación y mejoras del ambiente están en sintonía con la agenda internacional para el desarrollo hasta 2030 (Pardo, 2015) e involucra a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con el propósito de contribuir a la mejora del bienestar de la humanidad, desde el punto de vista del transdesarrollo (Suárez, 2019).

Así se reflejan en los ODS 11, 12 y 15 para ciudades y comunidades sostenibles, así como el consumo responsable en relación con la vida de ecosistemas terrestres, por lo que resulta de vital importancia generar nuevas alternativas para mejorar la calidad del suelo destinado a cultivos, al mismo tiempo que se aprovechan los desechos contaminantes en la actividad agrícola.

El panorama agrícola actual en el mundo requiere procesos de cambio, en los cuales se ofrezcan alternativas a los sistemas agronómicos de producción convencional, dados sus evidentes efectos negativos en lo social, económico, político, ambiental y cultural de los países (Mósquera, Reyes, de Prager, Gallego y Sánchez, 2012).

Abonar los suelos con nutrientes de origen natural es una tecnología de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vinculen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos (Pinzón-Casas, 2017). Es por ello que se necesita estimular el uso de desechos de algunos cultivos, como los de plátano (*M. paradisiaca*), que son muy extensos en Ecuador, y generan gran cantidad de biomasa como subproductos no aprovechados, ya que sus cáscaras son casi siempre desechadas.

Sin embargo, la cáscara de plátano posee constituyentes importantes utilizados en el enriquecimiento de otros productos alimenticios; destacando la presencia de compuestos antioxidantes, fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio (Gutiérrez-Aguirre *et al*, 2023).

Además, la cáscara de *M. paradisiaca* contiene metabolitos primarios y secundarios que permiten convertir estos materiales de desecho en fuentes naturales de compuestos útiles para la elaboración de bioestimulantes, con miras a mejorar las condiciones de crecimiento y protección algunos cultivos hortícolas, promoviendo la mejoría y sostenimiento de la calidad del suelo, así como el aumento considerable de la materia orgánica y nutrientes, que benefician los agroecosistemas (Espinosa-Antón, Hernández y González, 2020).

De allí que, el objetivo de esta investigación es estudiar el uso de sistemas de abonos con bioestimulantes provenientes de cáscaras de banano, como alternativa de gestión ambiental, y disminuir los desperdicios, así como mejorar el manejo de los residuos orgánicos generados, con la intención de aportar un valor agregado desde un enfoque ambiental y económico en cultivos comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Colecta del material vegetal y manejo post muestreo.** Las cáscaras frescas de Plátano se colectaron en el área agrícola experimental de la Finca La María (1° 00' 46"S, 79° 28'09" O) y sus alrededores, luego se trasladaron al laboratorio de química de la FCPB - UTEQ, donde se limpiaron y lavaron con agua destilada, se cortaron manualmente en pequeños trozos y secaron a temperatura ambiente y a la sombra (durante una semana); finalmente se pesaron y se pulverizaron en molino manual.

El material vegetal molido (240 g), se dividió en cuatro grupos (I: 40% para Muestra cruda, II: 20% Muestra para extracción con etanol, III: 20% Muestra para extracción con acetona y IV: 20% para extracción con éter de petróleo). El volumen de solvente utilizado en cada extracción fue de 180 mililitros.

La extracción se realizó por maceración en recipientes de vidrio cerrados (temperatura ambiente, 24 h), se filtraron y se repitió el proceso 2 veces en las tres muestras (II, III y IV) uniendo los filtrados correspondientes a una misma muestra (Moreno-Morales, Chacón, Mostue y Prin, 2023a).

El filtrado total de cada muestra se secó en el rotaevaporador Heindolph a 40 °C, separando el solvente de cada extracto, éstos fueron pesados por separado y se determinaron los porcentajes de rendimiento en masa, para el proceso de obtención de los mismos.

**Análisis de los extractos.** Con la masa del extracto en éter de petróleo (baja polaridad), se determinó el porcentaje de material graso presente en las cáscaras estudiadas.

Para la identificación de los grupos funcionales, correspondientes a los metabolitos presentes en la cáscara de banano, se aplicó Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (Ft-IR), en un espectrofotómetro Perkin Elmer FtIR 16 PC, del Instituto de Investigaciones de Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCA) de la Universidad del Oriente (UDO-Venezuela). Las muestras se analizaron en cloroformo con 24 barridos de resolución de 2cm<sup>-1</sup> (Moreno-Morales, Hernández y Núñez, 2023b).

**Diseño del experimento en campo.** Se realizó en invernadero bajo condiciones controladas, utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones, obteniendo 20 unidades experimentales; cada unidad se compone de 6 plantas. Se aplicó un ANOVA de una vía y, en los casos de significancia estadística, se realizó un análisis de comparación de las medias aplicando la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05 de nivel de confianza. Se utilizó el programa estadístico R y un nivel de significancia de 5% cuando fue necesario.

**Obtención de las plantas de tomate.** Las plántulas se obtuvieron de semilleros (variedad comercial de Tomate Híbrido Miramar) en bandeja cumpliendo las características óptimas de las mismas. El material biológico para los bioensayos plantas-suelos abonados, se seleccionó previamente por sus características de comportamiento agronómico y por la buena adaptación al suelo. Asimismo, el manejo del cultivo se llevó a cabo siguiendo metodologías estandarizadas para el cultivo de hortalizas.

**Preparación de los suelos (sustrato) abonados.** El material vegetal pulverizado (Muestra I), se utilizó para abonar a diferentes concentraciones en porcentaje de masa, generando 4 tratamientos: T0: suelo sin material vegetal, T1: suelo con 2.5% de material vegetal, T2: suelo con 5.0% de material vegetal, T3: suelo con 7.5% de material vegetal.

**Análisis del suelo (sustrato).** En el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), de la Estación Experimental "Pichilingue" - Ecuador, se llevó a cabo una evaluación del estado nutricional y acidez del suelo, antes y después del proceso de abonado, mediante parámetros físico-químicos, como el pH, macro y micronutrientes así como la textura del suelo.

**Efecto de los fitonutrientes sobre cultivos hortícolas.** Se utilizó suelo sin abonar (T0=blanco) y los suelos abonados para cultivar tomate (*S. lycopersicum*), midiendo variables de crecimiento y productividad de estas plantas. Se establecieron experimentos independientes para el cultivo, en cada una de las etapas fenológicas, etapas de crecimiento vegetativo inicial, floración y madurez fisiológica, en una casa malla sombra, para tener un mejor control en los tratamientos.

**Trabajo de campo.** Se realizó la germinación de 150 semillas y el llenado de 120 fundas (60 cm de altura), una vez mezclado el suelo con el material vegetal según las proporciones para cada tratamiento, se transplantaron las plántulas de *S. lycopersicum* de variedad comercial (Tomate Híbrido Miramar), y se realizó el riego y la poda de chupones manualmente, se le aplicó un insecticida - fungicida orgánico comercial "Extracto de Nim", cada 15 hasta los 45 días y el deshierbe. La investigación tuvo una duración de 2 meses, determinando los siguientes parámetros:

**Altura y diámetro de la planta (cm).** Se tomaron datos a los 15, 30, 45 días después del trasplante, seleccionando 6 plantas al azar por cada unidad experimental. La altura se midió desde la base de la planta hasta su ápice utilizando un flexómetro o regla graduada en centímetros para la obtención de los datos. El diámetro del tallo se midió con un pie de rey o calibrador.

### Días a Floración, Número de Flores y Números de Frutos Cuajados

Se realizó una observación directa en cada tratamiento, considerando el período desde la fecha del trasplante hasta que el 50% de las plantas en todos los tratamientos habían florecido, contando el número de flores de 6 plantas por tratamientos a los 50 días presentes en el total de inflorescencia en cada planta. De las 6 plantas por tratamientos se contaron los frutos cuajados a los 55 días de cada planta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del Material Vegetal como Materia Prima para Nutrir el Suelo

En el Cuadro 1 se muestran las masas de material vegetal y los porcentajes de rendimientos en el proceso de obtención de los extractos a partir de 130.2 g del polvo de hojas secas, así como los metabolitos identificados con base en el análisis del espectro de Ft-IR de cada extracto.

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran los espectros de Ft-IR de cada extracto, y se identifican las bandas correspondientes a los grupos funcionales característicos de metabolitos primarios y secundarios de origen vegetal.

El mayor rendimiento del proceso de extracción se obtuvo en el extracto etanólico (4.2%), lo cual implica que los compuestos que forman parte de la cáscara de banano, en su mayoría son compuestos de alta polaridad, y por eso se disuelve en etanol que es un solvente polar; los que están en una proporción más baja son los compuestos de polaridad intermedia (2.1% de rendimiento), mientras que los compuestos de baja polaridad, solubles en éter de petróleo, representan el 3.8 por ciento.

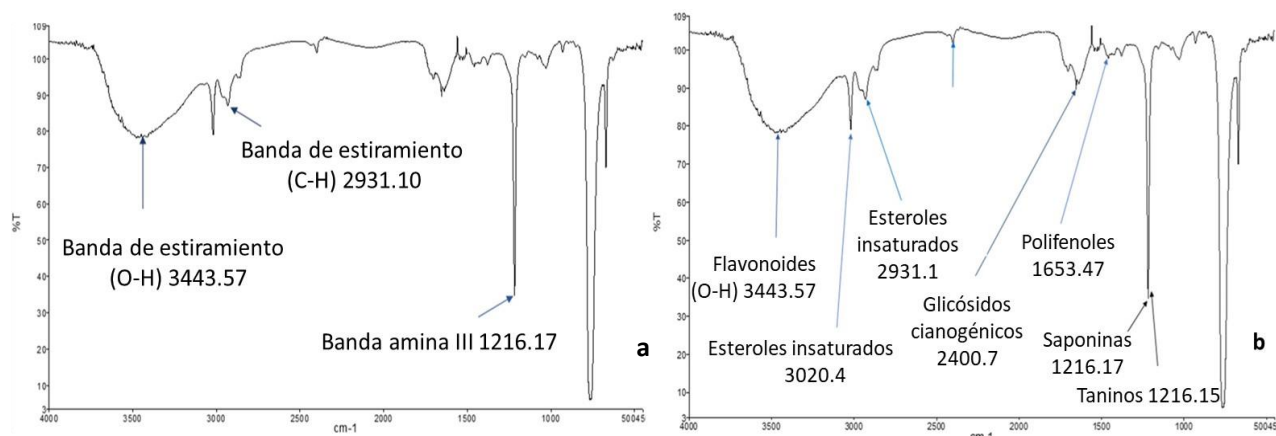
**Cuadro 1. Análisis de los extractos de las cáscaras de banano utilizado como materia prima para abonar el suelo.**

**Table 1. Analysis of the extracts from banana peels used as raw material to fertilize the soil.**

Parámetro	Extracto		
	EE	EA	EEP
Masa inicial (g)	48.00	48.00	48.00
Masa del extracto (g)	2.00	1.00	1.80
% de rendimiento	4.17	2.08	3.75
Metabolitos primarios	Proteínas, carbohidratos, lípidos	Proteínas, carbohidratos, lípidos	Proteínas, carbohidratos, lípidos
Metabolitos secundarios identificados	Saponinas, flavonoides, glicósidos cianogénicos, polifenoles, taninos, alcaloides, esteroides insaturados, cumarinas y metilencetonas.	Saponinas, glicósidos cardiotónicos, alcaloides, esteroides insaturados, cumarinas, metilencetonas y fenilpropanoides.	Taninos, esteroides insaturados y metilencetonas.

EE = extracto en etanol; EEP = extracto en éter de petróleo; EA = extracto en acetona.

EE = ethanol extracts; EEP = petroleum ether extract, EA = acetone extract.

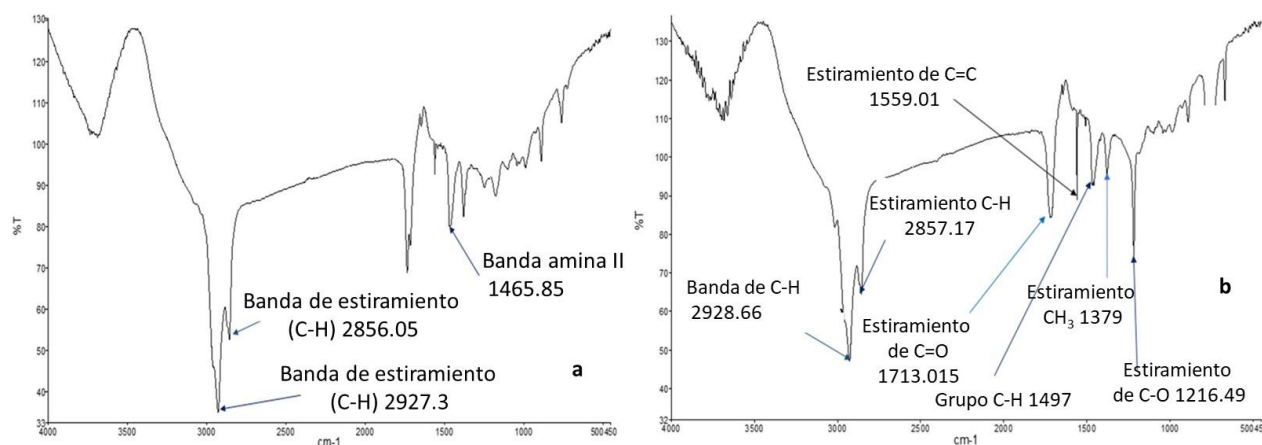


**Figura 1. Espectro de Ft-IR del EE (a: bandas asignables a metabolitos primarios, b: bandas asignables a metabolitos secundarios).**  
**Figure 1. Ft - IR spectrum of EE (a: bands assignable to primary metabolites, b: bands assignable to secondary metabolites).**

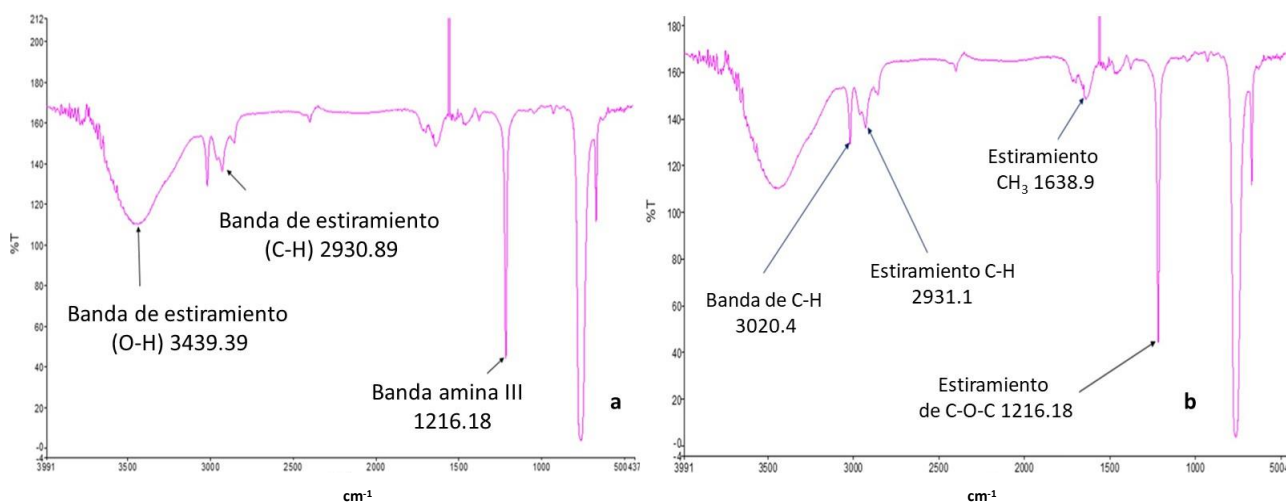
El análisis de metabolitos primarios y secundarios en cáscaras de banano, usadas como abono orgánico es esencial para comprender su composición química y su valor como fuente de bioestimulantes. A nivel de suelo, también es crucial investigar la influencia de estos compuestos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, lo que añade una perspectiva adicional en la optimización de prácticas agrícolas sostenibles.

De acuerdo con los resultados del Cuadro 1, el perfil de metabolitos primarios es similar en los 3 extractos, pero se diferencian en el de metabolitos secundarios, siendo el extracto etanólico el que presenta mayor variedad de familias de compuestos, mientras que el extracto en éter de petróleo presenta la variabilidad más baja. Las familias de metabolitos fueron identificadas por comparación de las señales en los espectros de Ft-IR (Figuras 1, 2 y 3) con valores teóricos característicos (Ponce-Peña, 2023). Todos estos metabolitos están presentes en la cáscara de banano, y su aporte al suelo de cultivo representa una fuente importante de sustancias bioestimulantes con beneficios al suelo y, en consecuencia, de las plantas a cultivar en ese sustrato.

Se ha evidenciado que los metabolitos primarios y secundarios en muestras de suelo desempeñan roles fundamentales en los ecosistemas terrestres (Espinosa-Antón *et al.*, 2020). Los metabolitos primarios, como los carbohidratos y aminoácidos, son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los organismos del suelo, proporcionando la energía y los bloques de construcción necesarios; por otro lado, los metabolitos secundarios, como los compuestos fenólicos y alcaloides, desempeñan funciones de defensa y comunicación en las plantas y microorganismos del suelo, influyendo en la interacción planta-planta y planta-microorganismo (Morrone, 2004).



**Figura 2. Espectro de Ft-IR del EA (a: bandas asignables a metabolitos primarios, b: bandas asignables a metabolitos secundarios).**  
**Figure 2. Ft - IR spectrum of EA (a: bands assignable to primary metabolites, b: bands assignable to secondary metabolites).**



**Figura 3: Espectro de Ft-IR del EPP (a: bandas asignables a metabolitos primarios, b: bandas asignables a metabolitos secundarios).**  
**Figure 3: Ft - IR spectrum of EPP (a: bands assignable to primary metabolites, b: bands assignable to secondary metabolites).**

La aplicación de bioestimulantes a base de productos naturales en la producción de diferentes cultivos genera un amplio espectro de respuestas positivas entre el suelo y la planta cultivada; sin embargo, el potencial bioestimulante de estas formulaciones depende de diferentes factores como el microbioma rizosférico, los mecanismos de absorción y asimilación de nutrientes por las plantas y la mitigación del estrés abiótico, entre otras; teniendo incluso efectos horméticos en la germinación de las semillas y el desarrollo radical de la planta (Espinosa-Antón *et al.*, 2020).

La presencia y diversidad de metabolitos en el suelo pueden servir como indicador de la salud y biodiversidad del ecosistema, así como de su respuesta a cambios ambientales y disturbios, lo que los convierte en herramientas valiosas para la evaluación y gestión de ecosistemas terrestres. En suelos de cultivo de tomate, los metabolitos primarios desempeñan un papel esencial al proporcionar los compuestos necesarios para el desarrollo óptimo de las plantas (Reyes-Pérez, *et al.*, 2021). Estos incluyen carbohidratos como la glucosa y fructosa, aminoácidos esenciales para la síntesis de proteínas, así como lípidos que son componentes fundamentales de las membranas celulares.

Entre las principales funciones de los metabolitos en el suelo está el apoyo a la defensa de las plantas contra depredadores y patógenos, actuando como atrayentes o repelentes de animales, propiciándole sabor amargo a las plantas, reducir su digestibilidad y palatabilidad en los herbívoros e incluso convirtiéndolas en tóxicas para estos, inhibiendo así el desarrollo de insectos, nematodos, hongos, bacterias, mejorando el crecimiento de las plantas y la consistencia (Sepúlveda-Vázquez, Torres, Sandoval, Martínez y Chan, 2018). Así, los metabolitos secundarios en suelos de cultivo de tomate, como alcaloides y compuestos fenólicos, juegan un papel crucial en la respuesta de las plantas a estímulos ambientales y en su defensa contra patógenos y herbívoros (Morrone, 2004).

Los metabolitos en el suelo también ayudan a proteger a las plantas del estrés abiótico, como las radiaciones ultravioletas (Sepúlveda-Vázquez *et al.*, 2018), y todas estas funciones podrían ser muy útiles al aprovechar los metabolitos y los minerales de la cáscara de banano para bioestimular cultivos en el suelo tratado.

De igual manera, muchos extractos de fuentes naturales son bioestimulantes de crecimiento vegetal ampliamente utilizados en la agricultura, como alternativa ecológica al consumo excesivo de agroquímicos sintéticos; ya que estos productos naturales son mezclas complejas de compuestos bioactivos tales como reguladores de crecimiento vegetal, polisacáridos, fenoles, aminoácidos, esteroides, betaínas, vitaminas, macro y microminerales, cuya aplicación en la producción de cultivos diferentes genera un amplio espectro de respuestas positivas en el sistema planta - suelo (Espinosa-Antón *et al.*, 2020).

No obstante, la aplicación de algunos extractos naturales puede tener efectos tanto negativos como positivos, dependiendo de sus dosis de aplicación en las relaciones entre el suelo y las plantas (Ghaderiardakani *et al.*, 2019).

Por lo tanto, comprender y gestionar la composición de metabolitos primarios y secundarios en suelos de cultivo de tomate es importante para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos.

## Análisis del Suelo

Otro punto importante es el análisis del suelo, ya que éste es la fuente de microorganismos y nutrientes. También da las características iniciales al abono orgánico y un equilibrio con respecto a la densidad del mismo. Se recomienda usar suelos con descomposición natural de la materia orgánica, para luego realizar las mezclas (Lyons, 2020).

El suelo sin abonar, correspondiente al sustrato e identificado como suelo sin tratamiento (T0) o tratamiento testigo, presenta las características físico químicas que se muestran en el Cuadro 2, en el cual observamos también los mismos parámetros determinados en el suelo aplicado al tratamiento con 7.5% de material vegetal (T3). Estas muestras corresponden a los tratamientos sustrato sin material y sustrato con la máxima cantidad de material respectivamente, por lo cual se les analizó para realizar la comparación en los extremos.

De acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 2, al mezclar el suelo con las cáscaras de banano se produce un aumento de pH, ya que en el tratamiento 3, con mayor concentración de material vegetal (7.5%), el suelo presenta un pH ligeramente alcalino de 7.4; mientras que sin material vegetal (T0) tenía un pH ligeramente ácido de 6.5.

Algunos autores recomiendan que el pH esté en un rango óptimo de 6.0 a 6.5 para asegurar un desarrollo saludable de la planta de tomate y una disponibilidad adecuada de nutrientes. Los suelos pueden variar desde ligeramente ácidos hasta moderadamente alcalinos (Rosales-Rodríguez, Alfonso, Santana, Socorro y Duarte, 2022). Incluso en cultivos hidropónicos, el pH de las soluciones fertilizantes se encuentra estrechamente relacionado con la disponibilidad de los nutrientes, y se recomienda que los valores se encuentren entre 6.0 y 6.5 como rango óptimo para el cultivo de tomate (Tomalá, Lazo y Espinosa, 2023). De aquí que el aumento de pH hacia valores básicos no resulte beneficioso para el desarrollo del cultivo de tomate.

**Cuadro 2. Valores físico químicos del suelo utilizado como tratamiento testigo T0 y con tratamiento al 7.5% de material vegetal T3.**

**Table 2. Physical chemistry values of the soil used as control treatment T0 and with treatment at 7.5% of plant material T3.**

Parámetro	Valor en el T0	Valor en el T3
pH	6.5	7.4
NH <sub>4</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	26	29
P (mg kg <sup>-1</sup> )	22	59
K (Meq 100mL <sup>-1</sup> )	1.03	7.35
Ca (Meq 100mL <sup>-1</sup> )	8.00	9.00
Mg (Meq 100mL <sup>-1</sup> )	1.30	2.20
% Materia orgánica	4.5	6.4
Relación Ca/Mg	6.10	4.00
Relación Mg/K	1.26	0.30
Relación Ca+Mg/K	9.03	1.52
S (mg kg <sup>-1</sup> )	12.00	16.00
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	3.80	8.60
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	4.60	12.20
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	205.00	250.00
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	2.90	13.70
B (mg kg <sup>-1</sup> )	0.86	0.36
% Textura arena	37	46
% Textura Limo	53	40
% Textura arcilla	10	14
Clase textural	Franco Limoso	Franco

La textura del suelo se clasifica como franco, con un equilibrio relativamente equitativo entre arena, limo y arcilla, equivalente a 46, 40 y 14% respectivamente (Vargas *et al*, 2022).

Con la adición de material vegetal en el tratamiento T3, obtenemos un suelo más enriquecido en nutrientes esenciales comparado con el tratamiento T0 (suelo sin material vegetal), lo que puede tener un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas en este suelo.

Por otro lado, la M.O. en el suelo se encuentra en un nivel medio, con un porcentaje del 4.5%, valor que resulta adecuado, ya que tiene la cantidad proporcional para respaldar el crecimiento y desarrollo de este cultivo. El valor de este parámetro mejora con los tratamientos aplicados, pasando a 6.4% en el T3, lo que indica un contenido orgánico relativamente alto, siendo beneficioso para la retención de agua y nutrientes en el suelo.

Un estudio previo presentó características similares de suelo (4.0% de M.O.) en cultivo de *S. lycopersicum* Mill. Var. Alba (Betancourt, 2013), mientras que otra investigación reportó una materia orgánica inferior a los resultados de este estudio, con valores de 1.61 y 1.67% de M.O. en tomates del cultivar "Mara" (Terry-Alfonso, Falcón, Ruiz, Carrillo y Morales, 2017).

Según el análisis realizado para los microelementos del suelo con T3, observamos que el azufre (S) se sitúa en un nivel medio en la escala, con un valor de 12 mg kg<sup>-1</sup>. De manera similar, el zinc (Zn) presenta un nivel medio, con 3.8 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que el manganeso se encuentra en un nivel inicial bajo, registrando 2.9 mg kg<sup>-1</sup> en T0, pero mejora significativamente alcanzando un valor de 13.70 en el T3. Este aumento en la concentración de Mn es favorable, ya que este elemento se desempeña como activador y cofactor de enzimas, y ejerce un papel importante en la fotosíntesis (Schmidt y Husted, 2019).

El cobre (Cu) y el hierro (Fe) están en niveles iniciales de 4.6 mg kg<sup>-1</sup> y 205 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Pero los niveles de estos micronutrientes, aumentan en el suelo con T3, indicando una mejor concentración mineral para el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, el boro (B) se encuentra inicialmente en el nivel medio, con un valor de 0.86 mg kg<sup>-1</sup>, pero al realizar las mezclas su valor disminuye hasta 0.36 mg kg<sup>-1</sup> en el T3, lo cual implica un posible efecto negativo en el desarrollo del cultivo, ya que el B participa en el metabolismo de los glúcidos y en procesos encargados de la división celular vegetal, aunado a que mejora el cuajado de frutos (Gutiérrez-Gamboa, Garde, Souza y Moreno, 2018). Aumentos en las concentraciones de B incrementan la firmeza y la concentración de ácido cítrico y ácido ascórbico en frutos de tomate cherry (Islam, Mele, Ki-Young y Ho-Min, 2018).

Algunos reportes señalan que cada uno de estos elementos es vital en todas las fases del desarrollo del tomate, aunque ciertos elementos, como el potasio y el nitrógeno, son especialmente cruciales para potenciar la producción de frutos. Mantener una alimentación adecuada en nuestro cultivo previene la aparición de deficiencias y garantiza un rendimiento óptimo (Blanco-Villacorta y Paco 2022).

Con respecto a los niveles de nutrientes esenciales, estos mejoran favorablemente, aumentando el contenido de fósforo (P) de 22 (T0) a 59 mg kg<sup>-1</sup> (T3), que se encuentra dentro de un rango adecuado para el desarrollo vegetal. Además, se observan concentraciones saludables de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), lo que sugiere una buena disponibilidad de estos nutrientes para las plantas en este tratamiento (Martínez-Alfaro y Zuñiga, 2024).

En términos de relaciones entre nutrientes, la proporción de calcio a magnesio (Ca/Mg) es de 4.0 para el T3, inferior al valor de 6.1 en el T0, sugiriendo un equilibrio adecuado entre estos dos elementos esenciales. La relación magnesio a potasio (Mg/K) es de 0.30, también inferior a la del suelo sin tratamiento, manteniendo una proporción favorable para el crecimiento de las plantas. Además, la suma de calcio y magnesio dividida por potasio (Ca+Mg/K) es de 1.52, es baja comparado con T0; aunque igual representa una buena disponibilidad de cationes esenciales.

Un estudio del suelo utilizado como sustrato en cultivo de *S. lycopersicum* resultó tener bajos contenidos de NPK, así como niveles medios para Ca y Mg. Dado que el tomate absorbe una gran cantidad de nutrientes del suelo para satisfacer sus necesidades nutricionales, las plantas de tomate cultivadas en estas circunstancias solo pueden mantenerse por un período breve sin que su crecimiento se vea afectado (Reyes-Pérez, Enríquez, Ramírez, Rodríguez y Rivero, 2019).

Los elementos de N, P y K son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. El nitrógeno favorece el desarrollo de hojas y el verdor exuberante, además de ser crucial para la formación de proteínas. El fósforo es fundamental para raíces fuertes, flores y frutos, y es vital en la transferencia de energía durante la floración.



El potasio fortalece la planta contra enfermedades y estrés, y regula el agua y los nutrientes. En el caso de cultivos de tomate, mantener un equilibrio adecuado de N-P-K es esencial para lograr un rendimiento óptimo (Delgado-Soto, Valdez y Flores, 2019).

Con relación a estos parámetros, una investigación reciente reporta la caracterización de un suelo con pH de 8.4, y valores de P (11.49 mg kg<sup>-1</sup>), N (0.9 g kg<sup>-1</sup>), señalando que la proporción del contenido de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) no eran los óptimos; sin embargo, con la incorporación de harinas (*Pterygoplichthys* spp.) se adicionaron 4.3 g de nitrógeno por kg de suelo, mejorando así las propiedades nutricionales del suelo (que originalmente contenía 0.9 g de nitrógeno por kg de suelo) para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), (Ruiz-Aguilar et al, 2023).

Si bien estos micronutrientes son requeridos por el cultivo en muy pequeñas cantidades, desempeñan un rol fundamental en el vigor de la planta, el rendimiento y la calidad de la cosecha promoviendo el crecimiento fuerte y constante de los cultivos que producen mayores producciones y aumentan la calidad de la cosecha, aprovechando al máximo el potencial genético del tomate (Delgado, Díaz y Pulido, 2021).

### Parámetros Reproductivos en el Cultivo de Tomate por Tratamiento

De acuerdo con los resultados del Cuadro 3, el Anova de la variable altura de la planta mostró diferencia significativa ( $p$  valor < 0.05) a los 15, 30 y 45 días del experimento, evidenciando así la influencia del contenido de material vegetal en el crecimiento de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Los resultados sugieren una tendencia inversamente proporcional entre la cantidad de material vegetal y la altura de las plantas cultivadas. Es evidente que el aumento de material vegetal en el suelo, bajo las condiciones ensayadas, afectan negativamente el crecimiento vertical de las plantas de tomate en este estudio.

La tendencia es similar para las otras variables de los Cuadros 4 y 5, así como de la Figura 4, (diámetro del tallo, número de flores y de frutos cuajados, y días de floración, respectivamente).

En este sentido, un estudio reporta plantas con alturas entre 41.53 a 51.07cm, aplicando diferentes dosis de humus de lombriz y bocashi, destacando que el uso de abono orgánico enriquece el suelo con nutrientes esenciales de manera gradual y sostenible, promoviendo un ambiente propicio para el sistema radicular y estimulando un crecimiento vigoroso (Antomarchi, Calderón, Fabré y Gomez, 2015).

De allí que, se debe mejorar el proceso de adición de polvo de cáscara seca de banano, realizando mezclas más graduales y sostenibles en el tiempo antes de llevar a cabo la siembra, para potenciar el sistema y promover mejores resultados.

Es importante destacar que, el tomate prospera cuando el suelo tiene una profundidad mínima de 40 cm. La compactación del suelo puede mejorarse mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos debido a la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo, lo cual beneficia de manera positiva a la biomasa total de la planta (Ruiz-Aguilar et al, 2023). Siendo este otro aspecto a considerar, que podría estar afectando el crecimiento del cultivo.

**Cuadro 3. Valores promedios y coeficiente de variación de altura de la planta (cm) a los 15, 30 y 45 días.**  
**Table 3. Average values and coefficient of variation of plant height (cm) at 15, 30 and 45 days.**

Tratamiento	Altura		
	cm		
	15 días	30 días	45 días
T0: sin material vegetal	19.65 a	35.77 a	59.06 a
T1: 2.5% de material vegetal	16.38 b	28.81 b	50.90 bc
T2: 5.0% de material vegetal	15.79 b	23.03 b	44.50 c
T3: 7.5% de material vegetal	16.16 b	25.65 b	52.56 ab
CV %	7.34	11.56	6.99

**Cuadro 4. Valores promedios y coeficiente de variación de diámetro del tallo (cm) a los 15, 30 y 45 días.**  
**Table 4. Average values and coefficient of variation of stem diameter (cm) at 15, 30 and 45 days.**

Tratamiento	Diámetro		
	cm		
	15 días	30 días	45 días
T0: sin material vegetal	0.32 a	0.44 a	0.63 a
T1: 2.5% de material vegetal	0.37 a	0.45 a	0.55 b
T2: 5.0% de material vegetal	0.34 a	0.41 a	0.53 b
T3: 7.5% de material vegetal	0.34 a	0.43 a	0.55 b
CV%	10.46	6.19	6.42

Si bien, este estudio ha demostrado que la combinación suelo-cáscaras de banano como sustrato, mejora varios parámetros físico - químicos del suelo, promoviendo un ambiente propicio para el crecimiento radicular y desarrollo de las plantas de tomate; además, las cáscaras de banana aportan nutrientes esenciales y elementos traza beneficiosos; sin embargo, se deben mejorar algunas condiciones experimentales, como el pH y la concentración de B, para conducir a un incremento en la producción de frutos, como parámetro final de productividad.

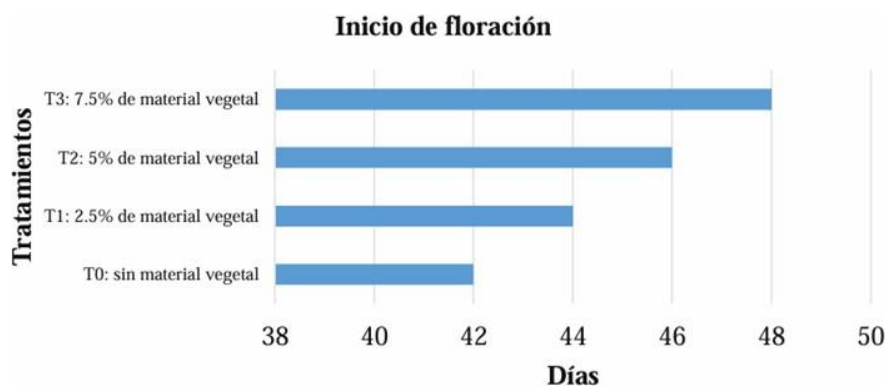
También se debe profundizar en la futura identificación de los constituyentes de la cáscara de banano, a fin de separar algún posible compuesto que pueda tener efecto inhibitorio de la planta. Así mismo, la tendencia inversa observada en los parámetros de crecimiento, pueden deberse a un parámetro que resulta más difícil de controlar como el estrés, desafortunadamente esto afecta el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo (Bai, Sunarti, Kissoudis, Visser y Van der Linden, 2018).

Por otro lado, mejorar la actividad biológica del suelo resulta muy importante, especialmente con aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos; mejorando la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad; aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; pues mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo, ayudando a liberar nutrientes para las plantas (Barahona-Amores, Samaniego, Villarreal y De La Cruz, 2022).

Este tipo de análisis resulta de vital importancia en la agricultura y la horticultura, ya que proporciona información crucial sobre la composición y disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Estos datos permiten a los investigadores tomar decisiones informadas sobre la selección de cultivos, el manejo de variables del suelo y la corrección de posibles deficiencias de nutrientes. Además, el análisis del suelo abonado también puede revelar información sobre la textura, el pH y otros factores que afectan la salud y el rendimiento de las plantas.

**Cuadro 5. Valores promedios y coeficiente de variación de número de flores y número de frutos cuajados.**  
**Table 5. Average values and coefficient of variation of flowers number and set fruits numbers.**

Tratamiento	Número de flores	Número de frutos
T0: sin material vegetal	4.58 a	2.8 a
T1: 2.5% de material vegetal	2.92 bc	2.34 bc
T2: 5.0% de material vegetal	3.10 b	2.62 b
T3: 7.5% de material vegetal	2.24 c	1.44 c
CV %	13.69	22.08



**Figura 4. Días del inicio de la floración en plantas de tomate.**  
**Figure 4. Days of the beginning of flowering in tomato plants.**

## CONCLUSIONES

El estudio de metabolitos primarios y secundarios en las cáscaras de banano, así como el análisis del suelo mezclado con polvo de dicha cáscara, permitió proporcionar la composición química variada de las mismas, mostrando su valioso potencial como fuente de sustancias bioestimulantes para el crecimiento vegetal.

A pesar del aporte significativo con mayor porcentaje de materia orgánica, y de muchos macro y micronutrientes al suelo, la adición de cáscara bajo las condiciones ensayadas, provocan un ligero aumento del pH y una disminución de la concentración de Boro, y no mejoran los parámetros de crecimiento y productividad del tomate.

Con base en los resultados, se deben ajustar algunos parámetros experimentales y mejorar la técnica de mezclado con bioestimulantes, para apoyar futuras prácticas agrícolas sostenibles en la optimización del aprovechamiento de recursos naturales, contribuyendo así a la preservación del medio ambiente y a la mejora de la productividad agrícola. Además, abre la puerta a la innovación en el campo de la agricultura al fomentar el desarrollo de técnicas de fertilización orgánicas más eficientes y ecológicas.

## DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

## CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia en esta sección.

## FINANCIACIÓN

No aplicable.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Metodología e Investigación: S.M.M.M., A.A.P.V., L.T.LI.R. y M. R. H. Análisis de datos: S.M.M.M., A.A.P.V., J.J.R.P. y E.F.Q.L. Escritura, revisión y edición: S.M.M.M., J.J.R.P. y W.J.M.R.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 9na Convocatoria, a través del proyecto PFOC9-12-2023 "Análisis químico de cáscaras de banano y cacao, para la elaboración de fitonutrientes aprovechables en cultivos hortícolas.

## LITERATURA CITADA

- Antomarchi, A. B., Calderón, V. E. C., Fabré, T. B., & Gomez, G. G. (2015). Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) var. California Wonder. *Centro Agrícola*, 42(4), 5-9.
- Barahona-Amores, L. A., Samaniego-Sánchez, R., Villarreal-Núñez, J., & De La Cruz-Lombardo, A. (2022). Modificación de propiedades del suelo por la continua siembra de tomate industrial en Azuero, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 35, 53-77.
- Bai, Y., Sunarti, S., Kissoudis, C., Visser, R. G., & Van der Linden, C. (2018). The role of tomato WRKY genes in plant responses to combined abiotic and biotic stresses. *Frontiers in Plant Science*, 9, 801. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00801>
- Betancourt, P., & Pierre, F. (2013). Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. Var. Alba) en casas de cultivo en Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25(3), 181-188.
- Blanco-Villacorta, M. W., & Paco-Ticona, E. (2022). Efecto de dos soluciones nutritivas en dos variedades del cultivo hidropónico de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la Estación Experimental Patacamaya. *Apthapi*, 8, 1-8.
- Delgado, J. F., Díaz, M. I. H., & Pulido, J. M. S. (2021). Sistemas de biofertilización en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances*, 23(4), 384-396.
- Delgado-Soto, J. A., Valdez, J., & Flores-Inicio, F. A. (2019). Influencia de la dilución y concentración de los electrolitos en la medición del pH en suelos ácidos. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2), 13-21.
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, 20(4), 257-282.
- Ghaderiardakani, F., Collas, E., Damiano, D. K., Tagg, K., Graham, N. S., & Coates, J. C. (2019). Effects of green seaweed extract on Arabidopsis early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. *Scientific Reports*, 9(1), 1983. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38093-2>
- Gutiérrez-Aguirre, Y., Ozuna-López, C., Abraham-Juárez, M. D. R., Acosta-Castillo, M. G. L., Rocha-Mendoza, M. A., & Mares-Mares, E. (2023). Diseño de pretratamientos antioxidantes para el secado de cascara de plátano con infrarrojo y aire caliente. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 825-833.
- Gutiérrez-Gamboa, G., Garde-Cerdán, T., Souza-Da-Costa, B., & Moreno-Simunovic, Y. (2018). Strategies for the improvement of fruit set in *Vitis vinifera* L. cv. 'Carménère' through different foliar biostimulants in two different locations. *Ciência e técnica Vitivinícola*, 33(2), 177-183. <https://doi.org/10.1051/ctv/20183302177>
- Islam, M. Z., Mele, M. A., Ki-Young, C. H. O. I., & Ho-Min, K. A. N. G. (2018). The effect of silicon and boron foliar application on the quality and shelf life of cherry tomatoes. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105, 159-164. <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.020>
- Lyons, K. M. (2020). *Descomposición vital: suelos, selva y propuestas de vida*. Colombia: Editorial Universidad del Rosario.
- Martínez-Alfaro, A., & Zuñiga-Orozco, A. (2024). Mucuna pruriens peletizada y Trichoderma harzianum aplicados en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como enmienda y biocontrolador. *Agronomía Mesoamericana*, 35, 55389-55389. <https://doi.org/10.15517/am.2024.55389>
- Molpeceres, C., Zulaica, L., & Tomaino, V. B. (2023). Cuestionamientos al uso de agroquímicos en Argentina y el mundo (2000-2020): una revisión. *Novum Ambiens*, 1(1), 1-17 <https://doi.org/10.31910/novamb.v1.n1.2023.2340>
- Moreno-Morales, S., Chacón, A., Mostue, M., & Prin, J. (2023a). Análisis químico de colágeno en piel de cola de atún (*Thunnus atlanticus*) en medio ácido. *Revista Espamciencia*, 14(1), 47-55. [https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v14i1.364](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i1.364)
- Moreno-Morales, S., Hernández, J. V. E., & Núñez, J. D. V. M. (2023b). Metabolitos bioactivos de la culebra ciega (*Anguis fragilis*): Bioactive metabolites of blind snake (*Anguis fragilis*). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(4), 3484-3497. <https://doi.org/10.34188/bjaervn4-032>
- Mósquera, M. P., Reyes, O. E. S., de Prager, M. S., Gallego, J. M., & Sánchez, D. I. Á. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*, 7(1), 53-62.
- Morrone, J. J. (2004). Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(2), 245-246.
- Pardo, I. L. (2015). Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica. *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, 20, 111-128.
- Ponce-Peña, P. P. (2023). *Espectroscopía de infrarrojo: Análisis e interpretación de compuestos*. Durango, México: Universidad Juárez del Estado de Durango. ISBN: 6075032606
- Pinzón-Casas, R. D. (2017). *Producción, recolección y disposición de residuos sólidos urbanos, análisis del sistema de gestión en el municipio de Puerto Asís, Putumayo*. Colombia: Universidad de Manizales.
- Reyes-Pérez, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebato, M. Á., Rodríguez-Pedroso, A. T., & Rivero-Herrada, M. (2019). Respuesta de plántulas de cultivares de tomate a la aplicación de quitosano. *Centro Agrícola*, 46(4), 21-29.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. D. J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-13. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>
- Rosales-Rodríguez, O. A., Alfonso-Valdés, J. E., Santana-Amar, I., Socorro-García, A., & Duarte-Díaz, C. E. (2022). Comparación de métodos de estimación de la evapotranspiración del cultivo del tomate en casas de cultivo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(2), 20-27.
- Ruiz-Aguilar, M. Y., Montes-Molina, J. A., Castañón-González, J. H., Gutiérrez-Miceli, F. A., Hernández-Guzmán, M., López-López, H., ... & Villalobos-Maldonado, J. J. (2023). Uso de la harina del pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la fertilización orgánica del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39, 159-169.

- Schmidt, S. B., & Husted, S. (2019). The biochemical properties of manganese in plants. *Plants*, 8, 381. <https://doi.org/10.3390/plants8100381>
- Suárez, C. R. O. (2019). Los objetivos del Buen Vivir a escala global. Una crítica de los objetivos de desarrollo sostenible y una propuesta alternativa transmoderna. *Revista Iberoamericana de Economía Solidaria e Innovación Socioecológica*, 2, 1-4.
- Sepúlveda-Vázquez, J., Torres-Acosta, J. F., Sandoval-Castro, C. A., Martínez-Puc, J. F., & Chan-Pérez, J. I. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5(2), 79-95.
- Terry-Alfonso, E., Falcón-Rodríguez, A., Ruiz-Padrón, J., Carrillo-Sosa, Y., & Morales-Morales, H. (2017). Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 147-54.
- Tomalá, H. M., Lazo, R. P., & Espinosa, C. B. (2023). Eficiencia del agua en tomate cultivado en sustrato inerte. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 10(2), 23-34.
- Ullauri, N. J. A., Ocampo, R. V. H., & Espinoza, D. V. M. (2024). Incidencia ambiental de las fumigaciones aéreas en los cultivos de banano de la hacienda bella unión del sitio unión colombiana del Cantón Machala. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 2984-2999.
- Vargas, L., De La Cruz, C., Pascual, O., Aguilar, P., Agurto, A., Vargas, J., ... & Chero, D. (2022). Geoquímica multipropósito de suelos en la zona Jauja-Acostambo. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 76, 218.