



El cuidado del suelo: una necesidad vital  
para la sostenibilidad ambiental.





## CONSEJO EDITORIAL

### Director (a)

Dr. C. Enrique Casanovas Cosío, Universidad de Cienfuegos  
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

### Editor (a)

MSc. Amarilys Suárez Alfonso

### Consejo Científico Asesor

Dr. C. Juan Manuel García Bacallao, Universidad de  
Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

Dr. C. Minerva Almogoea, Universidad de Cienfuegos  
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

Dr. C. Mayda Bárbara Álvarez, Universidad de Cienfuegos  
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

Dr. C. Nelson Castro Perdomo, Universidad de Cienfuegos  
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

Dr. C. Lazaro Ojeda Quintana, Universidad de Cienfuegos  
"Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

DrC. Fernando Carlos Agüero, Contreras Universidad de  
Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba

Dr. C. Yoel Beovides García, Instituto Nacional de  
Investigaciones Viandas Tropicales, Cuba.

DrC. Sergio Rodríguez Rodríguez, Universidad de Granma,  
Cuba

Dr. C. Misterbino Borges García, Universidad de Granma,  
Cuba

DrC. Sergio Pérez Pérez, Universidad de Granma, Cuba

Dr. C. Marcos Tulio García González, Universidad de Santi  
Espíritus. Cuba.

Dr. C. Leonides Castellanos González, Universidad  
Pamplona, Colombia

Dr. C. Rigoberto García Batista, Universidad Técnica de  
Machala, Ecuador

Dr. C. Carlos Armando Álvarez Díaz, Universidad Técnica  
de Machala, Ecuador

Dr. C. Irán Rodríguez Delgado, Universidad Técnica de  
Machala, Ecuador

Dr. C. Julio Chabla Carrillo, Universidad Técnica de Machala,  
Ecuador

Dr. C. Salomon Alejandro Barrezueta Unda, Universidad  
Técnica de Machala, Ecuador

Dr. C. Telmo Palancar, Universidad Nacional de La Plata,  
Argentina.

Dr. C. Ricardo Hernández Pérez, Lab. de Agrobiológico  
S.A de C.V., México

Dr. C. Nicolás Sánchez, Universidad Intercultural Estatal  
Hidalgo México

Dr. C. Renato Mello Prado, Universidades Estadual Paulista,  
Brasil

### Correctores (as) de estilos:

MSc. Alicia Martínez León

MSc. Dolores Pérez Dueñas

### Traducción y redacción en Inglés

MSc. Miladys Álvarez Migueles

### Diseñadora

Dr.C. Liéter Elena Lamí Rodríguez del Rey

Tec. Reinier Michel Viera Reinoso

### Soporte Informático

Tec. Reinier Michel Viera Reinoso

.....	5
Editorial	6
<b>01_</b> ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ALIMENTOS LOCALES EN EL CANTÓN CEVALLOS DE ECUADOR	12
Aníbal Fernando Franco Pérez, Adriano Israel Tello Velasteguí, Lilian Jacqueline Estrada Velasco.	
<b>02_</b> Effect of <i>Beauveria bassiana</i> and <i>Metarhizium anisopliae</i> on the mortality of <i>Cosmopolites sordidus</i> and <i>Metamasius hemipterus</i>	20
Jairo Arias Murillo, Salomón Barrezueta Unda.	
<b>03_</b> Geotemperatura y rendimiento del cultivo frejol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas.	27
Lourdes Llauca Pizarro, José Miguel Martínez, Angel Eduardo Luna-Romero, Diego Villaseñor-Ortiz.	
<b>04_</b> Efecto de <i>Lippia alba</i> en la bioquímica sanguínea de pollos Cobb 500	34
María Alejandra Zapata Morales, Matilde Lorena Zapata Saavedra, Faviana Aimé Maza León, Angel Roberto Sánchez Quinche.	
<b>05_</b> Orégano común, aditivo en la alimentación sostenible del pollo de ceba	41
Jaine Labrada Ching, Pamela Alejandra Paredes Carvajal, Zoila Beatriz Toaing Palate	
<b>06_</b> Evaluación de distancias de plantación de vitroplantas del clon CT-115 en la producción de semilla certificada.	47
Joan Manuel Leyva Benavides, Oscar Suárez Benítez, Enrique Casanovas Cosio.	
<b>07_</b> Innovación y gestión en negocios de repostería familiar como tendencia alimentaria	54
Tannia Cristina Poveda Morales, Diego Andrés Carrillo Rosero, Karoline Raquel Bastidas Sarcos.	
<b>08_</b> Comportamiento pronóstico de <i>Alternaria solani</i> Sor en cultivo tomate en tres campañas de la ETPP Caunao.	58
Fernando Iglesias Royero, María Rosa Núñez González, Daymí Castillo Galbán, Guillermo Cabrera Pérez, Yaquelin Hermiaga Cabrera.	
<b>09_</b> Procedimiento general para la valoración económica de experimentos agrícolas.	67
Evelyn Beatriz Lanza González, Jorge Luis Pérez Gutiérrez, Yhosvanni Pérez Rodríguez, Cintia Beatriz Pérez Lanza.	
<b>10_</b> Incremento de celulosa con empleo de enzimas naturales (Brom./Pap.). Síntesis de Nanocelulosa (CNCs) por hidrólisis enzimática a partir de cascarilla de arroz.	
Ricardo Hernández Pérez, Rene Salgado Delgado, Alfredo Olarte Paredes, Gilda H. Martínez Freyre, Guadalupe Cayetano Fuentes, Liliana G. Salazar Trujillo, Areli M. Salgado Delgado.	

.....	73
<b>11</b> _Desarrollo de productos gastronómicos sostenibles en base a la persea americana Manuel Fernando Jaramillo Burgos, Tannia Cristina Poveda Morales, Erick Adrián Alemán Mera.	
.....	81
<b>12</b> _Evaluación de la inocuidad de hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, respecto a contaminantes metálicos. Rita Y. Sibello Hernández, Danitza Garlobo de León, José R. Mesa Reinaldo.	
.....	88
<b>13</b> _Respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia rebaudiana Bertoni en condiciones de viveros con la aplicación del Pectimorf y Radix-P. Enrique Casanovas Cosío, Miguel Antonio Silveira Caminero.	
.....	97
<b>14</b> _Viabilidad de la harina de fruta de pan como alternativa ecológica en la industria alimentaria. Tannia Cristina Poveda Morales, Manuel Fernando Jaramillo Burgos, Keila Mishell Cárdenas Quimbiamba	
.....	105
<b>15</b> _Página web sobre plantas medicinales y frutales. Sherlly Alvarez Miranda, Yudith Miranda Torres, José Ramón Mesa Reinaldo, Elvys Chapis Cabrera.	
.....	112
<b>16</b> _Caracterización de daños ocasionados por insectos-plaga a la caña de azúcar y recomendaciones de manejo en Ecuador. Hipólito Israel Pérez Iglesias, Irán Rodríguez Delgado, Rigoberto Miguel García Batista.	
.....	120
<b>17</b> _Percepción de estudiantes de Primer Ingreso a la Universidad sobre el Impacto de la inteligencia artificial, IA. Marcos Espinosa-Aguilar, Irán Rodríguez-Delgado, Rigoberto Miguel García-Batista.	
.....	127
<b>18</b> _Las costras biológicas del suelo y su función medioambiental. Experiencia en Cienfuegos. Cuba. Orlando Gualberto Rodríguez del Rey Piña, Aida Margarita Romero Jiménez, Caridad Josefa Rivero Casanova.	
.....	138
Normas de publicación	

MSc. Amariys Suárez Alfonso

E-mail: [asuarez@ucf.edu.cu](mailto:asuarez@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos

El cuidado del suelo constituye un tema de creciente importancia en el ámbito ambiental y agrícola, como recurso vital para contribuir a su salud en la Tierra. Su calidad y bienestar son fundamentales para la producción de alimentos, la conservación de la biodiversidad, la regulación del ciclo del agua, la mitigación del cambio climático y la sostenibilidad de los ecosistemas. Sin embargo, la situación actual de muchos en todo el mundo es preocupante, pues se enfrentan a amenazas como la erosión, la contaminación, la degradación y la pérdida de fertilidad. Estos desafíos ponen en riesgo su capacidad para cumplir con sus funciones vitales, lo que a su vez afecta de forma negativa la salud humana, la seguridad alimentaria y el equilibrio ambiental. Por lo tanto, abordar la salud del suelo se ha convertido en una prioridad global para garantizar un futuro sostenible.

Para hacer un acercamiento al concepto de salud de este recurso, se recurre a tres aproximaciones que muestran cómo los estudiosos del tema han considerado dicho atributo. Dicha propiedad se define como “la capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema para sostener la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud de plantas y animales”. Esta definición es integral, porque liga su capacidad funcional a todos los roles y circunstancias en las que se inscribe este recurso en la naturaleza. La salud relativa del suelo es correcta cuando está bajo la cobertura de la vegetación natural. Una vez se haya convertido a cultivo o pastoreo su relatividad es evaluada de acuerdo con los principios de la evaluación de dicho recurso.

Las características biológicas, químicas y físicas de un suelo, son esenciales a largo plazo para la productividad sostenible de la agricultura, con un impacto mínimo sobre el ambiente. Por tanto, la salud del mismo da una imagen completa de su funcionabilidad. La evaluación y el monitoreo su calidad también debe dar la oportunidad de evaluar y rediseñar los sistemas de manejo, a fin de propender por su preservación y sostenibilidad.

La interacción de necesidades y realidades del mundo de hoy, la seguridad alimentaria y los impactos ambientales relacionados con el cambio climático- destacan la importancia de la calidad del suelo, que a la vez demanda la inserción de esta variable en las políticas públicas, con una visión renovada y moderna del suelo, que busca preservar las funciones totales del recurso y no solo referirla a la productividad. Hay que aceptar que la calidad es un factor muy importante para el desarrollo de prácticas agrícolas sustentables, el uso del mismo y sus prácticas de manejo señalan un buen grado la dirección en los cambios temporales y espaciales en su calidad.

Una mejor comprensión de los vínculos entre la vida del suelo, la función de los ecosistemas y el efecto que generan las intervenciones humanas, permitirán disminuir los impactos negativos y el alcance más eficaz de los beneficios de su actividad biológica para la agricultura sostenible, productiva y sana.

En este número de la Revista V12 No. 2, hace un recorrido por diversos temas en sus artículos tales como: producción sostenible de alimentos, innovación y gestión en negocios de alimentación, valoración económica de experimentos agrícolas, desarrollo de productos gastronómicos sostenibles, evaluación de la inocuidad de hortalizas, costras biológicas del suelo y su función medioambiental, entre otros. Exhortamos a nuestros investigadores a seguir haciendo ciencia sobre temas tan importantes para la seguridad alimentaria mundial. Pues cuanto más saludable es el suelo, mejor será la cosecha. El suelo es un recurso no renovable y su preservación es esencial para la seguridad alimentaria.

Muchas gracias

# 01

## Estrategias para la producción sostenible de alimentos locales en el Cantón Cevallos de Ecuador

Strategies for the sustainable production of local foodstuff in the Cantón Cevallos of Ecuador

Aníbal Fernando Franco Pérez <sup>1\*</sup>

Email: [us.anibalfranco@uniandes.edu.ec](mailto:us.anibalfranco@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5958-1618>

Adriano Israel Tello Velasteguí <sup>1</sup>

Email: [docentetp01@uniandes.edu.ec](mailto:docentetp01@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1706-6177>

Lilian Jacqueline Estrada Velasco <sup>1</sup>

Email: [ua.lilianev98@uniandes.edu.ec](mailto:ua.lilianev98@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6439-9872>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato. Ecuador.

\*Autor para correspondencia

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Franco Pérez, A.F., Tello Velastegu, A.I. y Estrada Velasco, L.J. (2024). Estrategias para la producción sostenible de alimentos locales en el Cantón Cevallos de Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 6-11. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

Las tendencias a la producción de alimentos a nivel mundial es a partir del autoabastecimiento local sobre bases sostenibles. Las transformaciones en el sector agroindustrial van desde cambios en las preferencias de los consumidores hasta innovaciones tecnológicas que aumentan la productividad y disrupciones en el panorama del mercado. En el cantón Cevallos, la gastronomía local depende en gran medida de los productos cultivados en sus tierras fértiles, el objetivo es diagnosticar para establecer estrategias donde la producción de alimentos y la gastronomía local puedan coexistir en armonía con el medio ambiente, garantizando la salud y el bienestar de todos sus habitantes. Para la investigación se elige el enfoque inductivo-deductivo mediante la aplicación de encuestas y entrevistas a una muestra del Cantón. La implementación de esta estrategia integral puede no solo aumentar la producción de alimentos sostenibles en el Cantón Cevallos, sino también fortalecer la economía local y preservar el medio ambiente. La clave del éxito radica en la colaboración entre agricultores, autoridades locales, la comunidad, y expertos en sostenibilidad.

### Palabras clave:

alimentos locales, sostenibilidad, gastronomía, agricultura.

### Abstract

It is the tendencies to the production of worldwide foodstuff as from the local self-sufficiency on sustainable arguments. The transformations at the agroindustrial sector match from changes in the likes and dislikes of the consumers to technological innovations that Cevallos, the local gastronomy depends on in great measure the products grown in its fertile soils, increase the productivity and breakdowns at the panorama of the market. At the canton the objective is to diagnose to establish strategies where the production of foodstuff and the local gastronomy may coexist in accord with the ambient midway, guaranteeing the health and the well-being of all his inhabitants. The application of opinion polls and interviews elects to a sign of the Canton the inductive deductive intervening focus for investigation. The implementation of this integral strategy might it did not sole to increase the production of sustainable foodstuff in the Cantón Cevallos, but also strengthening the local economy and preserving the ambient midway. The key of success consists in the collaboration between farmers, local authorities, the community, and experts in sostenibilidad.

### Keywords:

Local foods, sostenibilidad, gastronomy, agricultura.

## Introducción

Hoy en día, las tendencias gastronómicas desempeñan un papel fundamental que requiere una adaptación social y, al mismo tiempo, hace hincapié en la utilización de varios productos gastronómicos locales (Abeysekara et al., 2021; Benvenuti y Bacci, 2020). Esto implica centrarse en la transformación y distribución de los productos agrícolas, con un énfasis particular en un número limitado de grandes empresas transnacionales y regionales que gestionan las redes de distribución de alimentos (Bianchi y Varela, 2022). En este marco, es esencial examinar la importancia de los pequeños productores y las explotaciones familiares para mantener su presencia en los mercados y contribuir a la seguridad alimentaria regional (Cardoso y Neto, 2022).

El siglo anterior fue testigo de avances significativos en la mejora del bienestar general de las personas (Galli y Brunori, 2021). Sin embargo, el escenario global contemporáneo se centra en el objetivo universal de establecer un mundo libre de hambre y malnutrición. Los ámbitos de la alimentación y la agricultura desempeñan un papel crucial en el aumento del bienestar económico y social, en particular para las poblaciones más desfavorecidas (Lang y Mason, 2022; Ortiz-Miranda y Moreno-Perez, 2021; Milone y Ventura, 2020).

El sector de la agroindustria se enfrenta actualmente a importantes transformaciones posteriores a la era de la guerra, que van desde cambios en las preferencias de los consumidores hasta innovaciones tecnológicas que aumentan la productividad y disrupciones en el panorama del mercado (Tasca, y Luzzani, 2020). El progreso en la agricultura está fomentando una mayor transparencia y trazabilidad en toda la cadena de valor. La sostenibilidad en la producción de alimentos se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo económico y social a nivel global (Zepeda y Deal, 2021).

En este contexto, el Cantón Cevallos, ubicado en la provincia de Tungurahua, Ecuador, emerge como un caso de estudio ejemplar debido a su riqueza agrícola y potencial gastronómico. Este diagnóstico tiene como objetivo evaluar las prácticas actuales de producción de alimentos en Cevallos, identificando las oportunidades y desafíos para implementar métodos sostenibles que garanticen el abastecimiento continuo y de calidad a la gastronomía local.

La relación entre la producción agrícola y la gastronomía es intrínseca y crucial. Los productos frescos y de calidad no solo son la base de una alimentación saludable, sino que también son esenciales para la identidad culinaria de una región. En Cevallos, la gastronomía local depende en gran medida de los productos cultivados en sus tierras fértiles, lo que subraya la importancia de adoptar prácticas agrícolas que no solo satisfagan la demanda actual, sino que también aseguren la conservación de los recursos para futuras generaciones.

Este análisis se centrará en varios aspectos clave, incluyendo el uso de técnicas agrícolas sostenibles, la gestión de recursos naturales, la implementación de tecnologías

innovadoras, y la participación de la comunidad local en iniciativas de sostenibilidad. A través de una evaluación exhaustiva de estos componentes, se busca proporcionar una visión integral de la situación actual y las estrategias necesarias para promover una producción de alimentos que sea ambientalmente responsable, económicamente viable y socialmente justa.

El compromiso con la sostenibilidad en la producción de alimentos en el Cantón Cevallos no solo contribuirá a la prosperidad de la región, sino que también servirá como modelo para otras comunidades en Ecuador y más allá. La transición hacia prácticas agrícolas sostenibles es un desafío que requiere la colaboración de agricultores, autoridades locales, expertos en agricultura y la comunidad en general. Este diagnóstico pretende ser un primer paso hacia establecer estrategias donde la producción de alimentos y la gastronomía local puedan coexistir en armonía con el medio ambiente, garantizando la salud y el bienestar de todos sus habitantes.

## Materiales y métodos

Para la investigación se elige el enfoque inductivo-deductivo. El método inductivo por su capacidad de familiarizarnos sistemáticamente con los productos locales para el avance de técnicas innovadoras. Por el contrario, el método deductivo ayudará a evaluar la idoneidad de las técnicas modernas con los productos locales del cantón de Cevallos. La lógica y examina hechos específicos, siendo deductivo de general a específico e inductivo de específico a general.

Siguiendo el paradigma cuantitativo, la encuesta se llevó a cabo como «un método que permite explorar cuestiones subjetivas y, al mismo tiempo, recopilar información de un número significativo de personas. El cuestionario constaba de 6 preguntas cerradas y de opción múltiple para profundizar en las perspectivas de las personas sobre la utilización de los productos locales en la gastronomía.

Cuestionario de preguntas utilizadas:

1. ¿Qué producto agrícola local cree usted que es el más importante para el día a día?
2. ¿Cuántas veces al mes usted compra producto agrícola local para el consumo diario?
3. ¿Cómo calificaría usted la calidad de los productos locales que existen en el cantón Cevallos?
4. ¿En qué lugar realiza la compra de sus alimentos para su consumo diario?
5. ¿Conoce la importancia que tiene los productos agrícolas locales para el consumo?
6. ¿Qué haría usted para que las personas conozcan y utilicen el producto local del cantón Cevallos?

Además, se propuso la entrevista, como una forma de comunicación que generalmente involucra a dos personas, en la que el entrevistado adquiere información directamente del entrevistador. La entrevista se basa en preguntas abiertas para que el entrevistador pudiera aportar

ideas y detalles sobre los productos agrícolas locales del cantón de Cevallos.

Dentro del grupo focal, que es una forma especializada de entrevista grupal, la interacción se usa explícitamente para generar datos que serían menos alcanzables sin la dinámica de grupo. El grupo focal se guió por un conjunto de 9 preguntas abiertas para alentar a los participantes a compartir sus conocimientos individuales sobre los productos agrícolas locales según (Ajates Gonzalez, (2021); Ahmadi, y Pishgar-Komleh, 2020).

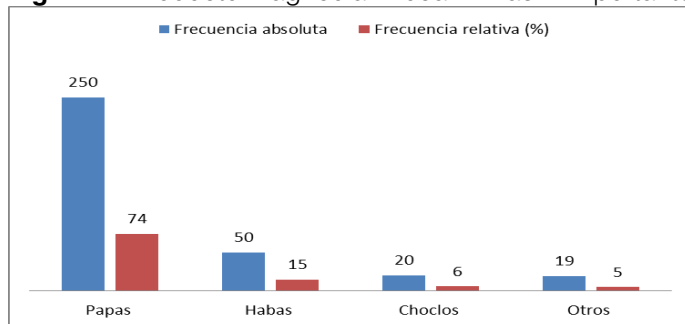
Entrevista realizada a los participantes:

7. ¿Cuál es su trayectoria en la agricultura?
8. ¿Con qué producto se identifica como agricultor?
9. ¿En los procesos del cultivo de los productos agrícolas locales que etapa es la más difícil desde la siembra hasta la cosecha?
10. ¿Qué nutrientes tiene los diferentes productos agrícolas locales del cantón Cevallos?
11. Le interesaría innovar en el campo, si es así ¿cómo lo harías?
12. ¿Considera que el trabajo como agricultor es desvalorizado?
13. ¿Cuál es el mayor obstáculo para la producción de productos agrícolas locales?
14. ¿En qué época del año es donde se pierde los productos cultivados ya sea por el clima, plagas, etc.?
15. ¿Describa sobre los diferentes productos que cultiva?

## Resultados-discusión

De acuerdo con la Figura 1, dentro de los productos agrícolas que la población de Cevallos considera más importante es el consumo de papas para un 74 %, seguido de las habas con un 15 % dentro de las preferencias de los habitantes y un 6 % los choclos.

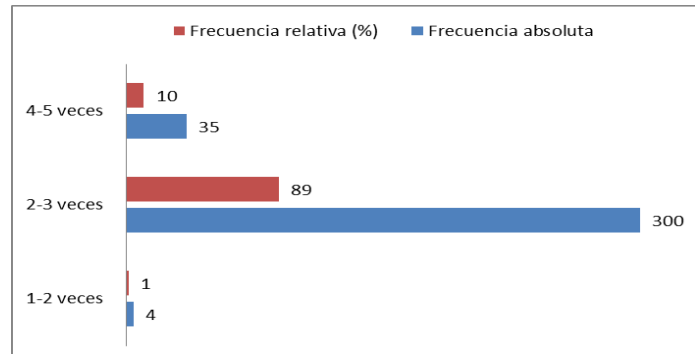
**Fig 1:** Producto agrícola local más importante



**Fuente:** Elaboración propia.

Los datos obtenidos en las encuestas realizadas se observa que la mayoría de la población realiza la compra de los productos de 2-3 veces por mes para un 89% del total de los encuestados, y la otra parte de la población realiza la compras de 1-2 veces y 4-5 veces por mes, como se muestra en la Figura 2.

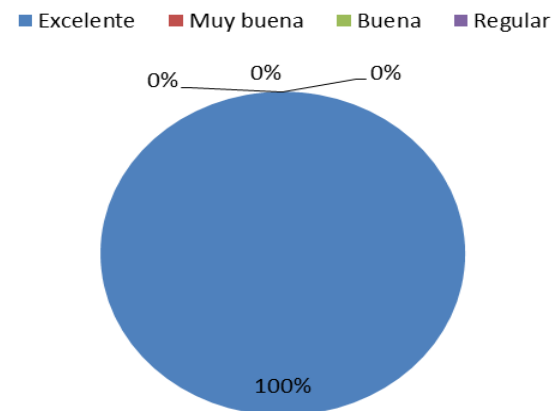
**Fig 2:** Frecuencia en el mes en que compra productos agrícolas locales



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3, el 100 % de la población encuestada califica a los productos agrícolas como excelente.

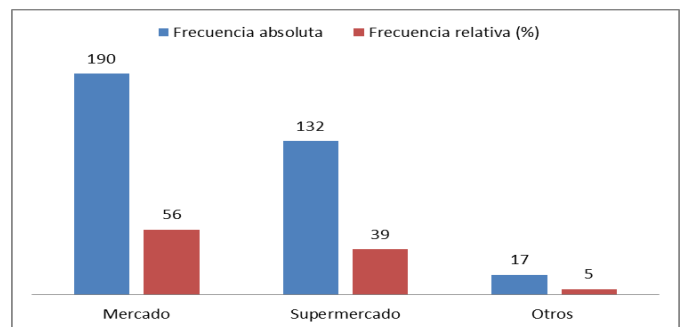
**Fig 3:** Calidad de los productos agrícolas locales



**Fuente:** Elaboración propia.

Según los encuestados, la mayoría prefiere comprar en mercados (56 %), seguido de otro grupo de personas representativas que prefieren hacerlo en el Supermercado para un 39 % y en menor cuantía para un 5 % utilizan otras formas de compra de los productos agrícolas locales en el Cantón como se aprecia en la Figura 4.

**Fig4:** Lugar donde compra los productos agrícolas locales

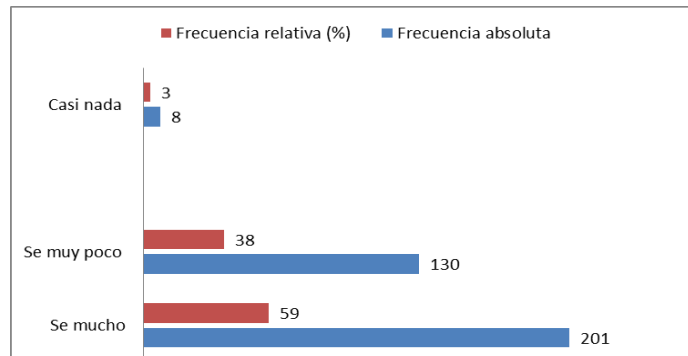


**Fuente:** Elaboración propia.



La importancia que le confiere la población del Cantón Cevallos a los productos agrícolas de producción local para su consumo se presenta en la Figura 5. En ella se puede apreciar que la mayor parte de la población conoce la importancia que tiene los productos agrícolas para el consumo, el 59 % refiere que conoce mucho mientras que el 38 % indica que sabe muy poco.

**Fig5:** Importancia del consumo de los productos agrícolas locales

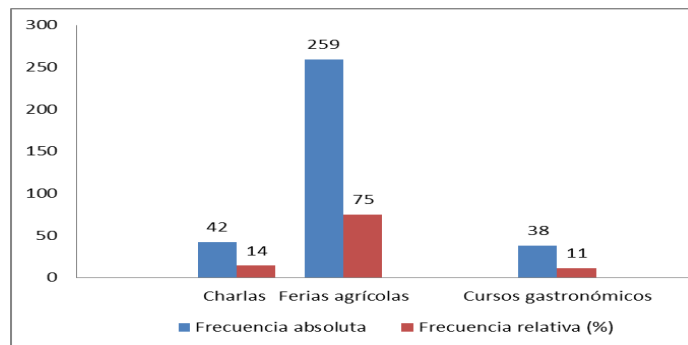


**Fuente:** Elaboración propia.

Las tendencias al consumo de alimentos de producción local son ideas aplicadas a la vida cotidiana, no por gusto o atracción hacia un objeto, un modo de comportamiento y gastronómicamente hablando la forma de preparar y comer los alimentos; es un cambio o evolución adaptado a la vida de la sociedad, con gustos individuales que se conjuntan para hacer preferencias colectivas (Blasi y Monarca, 2021).

De acuerdo con los datos obtenidos en las encuestas realizadas se observa que la población indica que si se realizan ferias agrícolas con la finalidad de que más personas conozcan los diferentes productos que existen en el Cantón se puede elevar su consumo por parte de los pobladores (Figura 6). También refieren el uso de las charlas y la realización de cursos de gastronomía como parte de una estrategia para incrementar las producciones de alimento a escala local y su consumo y concuerdan con lo planteado por (Parodi y Tigges, 2021).

**Fig6:** Estrategias para incrementar el consumo de los productos agrícolas locales



**Fuente:** Elaboración propia.

Con respecto a la opinión de estimular el uso de cursos gastronómicos se debe a que la gastronomía brinda una aproximación a la cultura empleando la comida como eje central. Se ocupa tanto de técnicas de cocción, datos nutricionales y ciencias alimenticias, como del manejo profesional de los sabores y aromas en la confección de un platillo culinario (D'Alessandro y Tarabella, 2021).

Los productos gastronómicos hoy en día es el eje fundamental en la alimentación de los seres humanos, satisfaciendo cualquier necesidad además es una fuente primordial para que la economía del cantón. La gastronomía es un aspecto cualitativo de la actividad propia de los seres humanos en relación con el consumo de alimentos (Caputo y De Devitiis, 2020). Va más allá de la solución de las necesidades fisiológicas del hombre permitiéndole desarrollarse físicamente, favoreciendo su evolución, bienestar y mantenimiento de su salud (Kneafsey y Venn, 2020; Cerutti y Beccaro, 2020).

La Gastronomía es el estudio de la relación entre cultura y alimento. A menudo se piensa erróneamente que el término de la gastronomía únicamente tiene relación con el arte de cocinar y los platillos alrededor de una mesa (Di Pierro y Vecchio, 2020). Sin embargo, esta es una pequeña parte de dicha disciplina. No siempre se puede afirmar que un cocinero es un gastrónomo, ya que la gastronomía estudia varios componentes culturales tomando como eje central la comida (Galanakis, 2024).

En las entrevistas realizadas a los agricultores de cantón Cevallos se determina que son agricultores con más de 10 años en trayectoria, los mismos que consideran que lo más difícil en todo el proceso del cultivo es el encontrar una semilla que produzca productos de calidad, que tengan nutrientes que beneficien a la población, por otra parte dicen que incrementarían nuevas maquinarias para que reemplacen el trabajo de las personas y sea más fácil labrar la tierra, también dicen que se encuentran desmotivados por el incremento del precio en los diferentes pesticidas y que el obstáculo es el clima y las diferentes plagas que existen y que afectan al producto.

En los restaurantes del cantón Cevallos los propietarios manifiestan que, si realizan una adecuada manipulación de los alimentos, también mencionan que en su menú utilizan el producto agrícola local y que la compra de los mismos se realiza en los mercados, ya que les sale más rentable para la elaboración de los diferentes platos, por otra parte, el producto que más ocupan en su establecimiento es las habas y papas, también mencionan que las tendencias en la gastronomía son importantes para llegar a los diferentes comensales. Mencionan que para incentivar a que los demás sitios gastronómicos utilicen producto agrícola local se debería realizar ferias gastronómicas.

Para incrementar la producción de alimentos sostenibles a nivel local y abastecer la gastronomía en el Cantón Cevallos, Ecuador, se puede implementar una estrategia integral que abarque diversos aspectos clave, incluyendo la educación y capacitación de agricultores, el uso de tecnologías sostenibles, la diversificación de cultivos, y

la creación de mercados locales. Aquí te presento una estrategia detallada:

#### 1. Educación y Capacitación de Agricultores

- Talleres y Seminarios: Organizar talleres regulares y seminarios sobre prácticas agrícolas sostenibles, compostaje, manejo de plagas orgánicas, y conservación del agua.
- Programas de Certificación: Implementar programas de certificación para prácticas agrícolas sostenibles, lo que puede aumentar la credibilidad y el acceso a mercados premium.
- Visitas de Campo: Realizar visitas de campo a granjas modelo que ya implementan prácticas sostenibles para mostrar ejemplos prácticos.

#### 2. Uso de Tecnologías Sostenibles

- Sistemas de Riego Eficientes: Promover el uso de sistemas de riego por goteo y otras tecnologías de riego eficientes para reducir el consumo de agua.
- Agricultura de Precisión: Implementar herramientas de agricultura de precisión como sensores de suelo y drones para monitorear cultivos y optimizar el uso de insumos.
- Energías Renovables: Fomentar el uso de energías renovables, como paneles solares y molinos de viento, para reducir la huella de carbono de las explotaciones agrícolas.

#### 3. Diversificación de Cultivos

- Rotación de Cultivos: Promover la rotación de cultivos para mejorar la salud del suelo y reducir la dependencia de pesticidas y fertilizantes.
- Cultivos Resilientes: Introducir cultivos que sean resistentes a condiciones climáticas adversas y que requieran menos recursos naturales.
- Policultivos: Fomentar el uso de sistemas de policultivo donde se cultivan diferentes especies juntas para aumentar la biodiversidad y la resistencia a plagas.

#### 4. Creación de Mercados Locales

- Mercados de Agricultores: Establecer mercados de agricultores donde los productores locales puedan vender directamente a los consumidores, reduciendo la cadena de suministro y aumentando las ganancias.
- Redes de Consumo Local: Crear redes de consumo local que conecten a restaurantes y otros negocios de gastronomía con productores locales.
- Promoción de Productos Locales: Realizar campañas de sensibilización para promover el consumo de productos locales entre los residentes y turistas.
- Políticas y Apoyo Gubernamental
- Subsidios y Financiamiento: Implementar programas de subsidios y financiamiento para proyectos de agricultura sostenible.

- Normativas Favorables: Desarrollar normativas que favorezcan la agricultura sostenible y faciliten la certificación orgánica.
  - Cooperación Internacional: Establecer colaboraciones con organizaciones internacionales para el intercambio de conocimientos y tecnologías.
- #### 5. Involucramiento Comunitario
- Jardines Comunitarios: Fomentar la creación de jardines comunitarios que no solo provean alimentos, sino que también sirvan como espacios educativos.
  - Educación Escolar: Integrar programas de educación sobre sostenibilidad en las escuelas locales para formar una nueva generación de agricultores conscientes.
  - Proyectos de Voluntariado: Involucrar a la comunidad en proyectos de voluntariado para apoyar la agricultura sostenible.

## Conclusiones

La recopilación de datos de las entrevistas con propietarios de restaurantes en el Cantón Cevallos y teniendo en cuenta a varios agricultores, los hallazgos de la herramienta de investigación antes mencionada fueron examinados y analizados minuciosamente. En consecuencia, se estableció que existe un conocimiento limitado sobre los productos locales del cantón de Cevallos, su valor nutricional y las técnicas culinarias innovadoras que se pueden emplear con materias primas procedentes del cantón.

A través de la exploración bibliográfica realizada, se subrayó que la utilización de ingredientes del cantón de Cevallos en la creación de platos que emplean métodos de vanguardia tiene importancia, ya que refuerza el sentido de identidad local.

A partir de los datos de la encuesta acumulados, se dedujo que el sector culinario desempeña un papel fundamental en el progreso económico del cantón de Cevallos al fomentar la creación de empleo, por lo que constituye un componente fundamental del marco económico del cantón.

Los productos agrícolas originarios del cantón de Cevallos poseen las características esenciales necesarias para elaborar menús que no solo sean nutricionalmente equilibrados y diversos, sino que también contribuyan sinérgicamente a los sistemas comerciales locales, que van desde el cultivo de estos productos hasta la comercialización de los productos finales procesados.

La implementación de esta estrategia integral puede no solo aumentar la producción de alimentos sostenibles en el Cantón Cevallos, sino también fortalecer la economía local y preservar el medio ambiente. La clave del éxito radica en la colaboración entre agricultores, autoridades locales, la comunidad, y expertos en sostenibilidad.

## Referencias bibliográficas

- D'Alessandro, S. P., y Tarabella, A. (2021). Impact of sustainable practices on local food systems: Insights from Italian case studies. *Agricultural Systems*, 191, 103161. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103161>
- Di Pierro, D., y Vecchio, R. (2020). Understanding consumer attitudes towards sustainable food: A case study from southern Italy. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118822. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118822>
- Galli, F., y Brunori, G. (2021). Enhancing sustainability in short food supply chains: A comparative analysis of case studies. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(2), 142-153. <https://doi.org/10.1017/S1742170520000261>
- Galanakis, C. M. (2024). The future of food: Sustainability, security, and innovation in food systems. *Foods*, 13(4), 506. <https://doi.org/10.3390/foods13040506>
- Kneafsey, M., y Venn, L. (2020). Re-localizing food systems: Social and environmental benefits of short food supply chains. *Journal of Rural Studies*, 80, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.09.003>
- Lang, T., y Mason, P. (2022). Sustainable diets: Implications for policy and practice. *Public Health Nutrition*, 25(1), 189-201. <https://doi.org/10.1017/S1368980021002506>
- Milone, P., y Ventura, F. (2020). Agricultural sustainability in local food systems: An integrated assessment. *Agricultural Systems*, 183, 102874. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102874>
- Ortiz-Miranda, D., y Moreno-Perez, O. M. (2021). Assessing the resilience of local food systems: A case study from Spain. *Food Policy*, 99, 101978. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101978>
- Parodi, A., y Tigges, L. (2021). Barriers and enablers for sustainable food production: Evidence from German organic farmers. *Journal of Environmental Management*, 287, 112269. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112269>
- Tasca, A. L., y Luzzani, G. (2020). Sustainable food supply chains: Insights from Brazilian case studies. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120399. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120399>
- Ahmadi, H., y Pishgar-Komleh, S. H. (2020). Energy use efficiency in sustainable agriculture: A review of recent practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109760. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109760>
- Zepeda, L., y Deal, D. (2021). Environmentally sustainable food consumption: A review of the literature. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 687385. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.687385>
- Ajates Gonzalez, R. (2021). Community-supported agriculture (CSA) in the UK: An evolutionary perspective. *Sustainability*, 13(3), 1057. <https://doi.org/10.3390/su13031057>
- Benvenuti, S., y Bacci, D. (2020). Sustainable urban agriculture: A case study of a Mediterranean rooftop farming. *Agriculture*, 10(5), 155. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050155>
- Bianchi, M., y Varela, E. (2022). Enhancing sustainability in local food supply chains through blockchain technology. *Journal of Rural Studies*, 91, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.02.003>
- Blasi, E., y Monarca, D. (2021). Assessing the environmental impacts of local versus global food supply chains: A review of recent case studies. *Science of the Total Environment*, 755, 143510. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143510>
- Caputo, V., y De Devitiis, B. (2020). Consumer preferences for sustainable food products: Evidence from a choice experiment. *British Food Journal*, 122(7), 2251-2268. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2019-0765>
- Cardoso, C. M., y Neto, J. S. (2022). Circular economy practices in agri-food supply chains: A systematic review. *Sustainability*, 14(2), 980. <https://doi.org/10.3390/su14020980>
- Cerutti, A. K., y Beccaro, G. L. (2020). Towards a more sustainable food supply chain: The case of the short food supply chain in Italy. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.05.006>
- Abeysekera, N., Gunaratne, G. P., y Ranasinghe, R. A. S. N. (2021). Sustainable farming practices for climate-resilient agriculture: A case study from Sri Lanka. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124326. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124326>

# 02

Presentation: April, 2024 Acceptance: Juny, 2024 Publication: August, 2024

## Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the mortality of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus*

*Efecto de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae en la mortalidad de Cosmopolites sordidus y Metamasius hemipterus*

Jairo Arias Murillo<sup>1\*</sup>

E-mail: [jarias@utmachala.edu.ec](mailto:jarias@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3466-1706>

Salomon Barrezueta Unda<sup>1</sup>

E-mail: [sabarrezueta@utmachala.edu.ec](mailto:sabarrezueta@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. El Oro. Ecuador.

\*Corresponding autor

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Arias Murillo, J. y Barrezueta Unda, S. (2024). Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the mortality of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus*. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 12-19. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the survival of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* in a laboratory trial. First, several specimens of *C. sordidus* and *M. hemipterus* were collected in a banana plantation using traps with natural attractants. Subsequently, in the laboratory, different liquid doses of *B. bassiana* and *M. anisopliae* were applied to measure their mortality at various times. The results demonstrated the remarkable efficacy of both fungi as biological control agents, although they exhibited disparities in the speed of action. *M. anisopliae* demonstrated superior effectiveness at higher doses for both species, while *B. bassiana* exhibited a more gradual effect. It is recommended that further investigation be conducted to ascertain the effectiveness of the treatment under field conditions. Additionally, the optimal doses should be determined under various circumstances and the possible long-term impacts on the banana crop environment evaluated.

### Keywords:

Banana, Biological control; *Curculionidae*, Black weevil, Striped weevil.

### Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en la supervivencia de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* en un ensayo de laboratorio. Primero se recolectaron varios especímenes de *C sordidus* y *M hemipterus* en una plantación de banano utilizando trampas con atrayentes naturales. Luego en laboratorio se aplicaron diferentes dosis en liquido de *B bassiana* y *M anisopliae*, para medir su mortalidad a varios tiempos. Los resultados revelaron una destacada eficacia de ambos hongos como agentes de control biológico, si bien mostraron disparidades en la rapidez de acción. *Metarhizium anisopliae* se destacó por su efectividad en dosis más altas para ambas especies, mientras que *Beauveria bassiana* exhibió un efecto más gradual. Se sugiere continuar investigando su efectividad en condiciones de campo, así como determinar las dosis óptimas bajo diversas circunstancias y evaluar los posibles impactos a largo plazo en el entorno del cultivo de banano.

### Palabras clave:

Banano, Control biológico; *Curculionidae*, Picudo negro, Picudo rayado.

## Introduction

The banana (*Musa acuminata*) is Ecuador's most significant export crop. However, phytosanitary management represents a significant challenge for banana growers (Duque, 2023). The insects *Cosmopolites sordidus* (black weevil) and *Metamasius hemipterus* (striped weevil), both of the family Curculionidae, have emerged as critical threats to banana and plantain crops in Ecuador (Castillo-Arévalo, 2022; Delaplace et al., 2024). The black weevil, *Cosmopolites sordidus*, is native to Southeast Asia, a region where the Musaceae are also native. The striped weevil, *Metamasius hemipterus*, has its habitat in palm plantations in the Americas. Both species have adapted their behavior to the ecological conditions of commercial banana crops (Maymon et al., 2020; Saquicela Cruz et al., 2023).

### Behavior of *M. hemipterus* and *C. sordidus*

*M. hemipterus* and *C. sordidus* are primarily nocturnal in their habits. They prefer dark and humid areas, such as plant debris of banana crops in process or in a state of decay (Selvaraj et al., 2019), because they are predominantly nocturnal and survive in humid environments, making them vulnerable to desiccation.

Infestation by *C. sordidus* and *M. hemipterus* occurs in the chord and roots, resulting in reduced nutrient uptake, delayed flowering, and increased susceptibility to other pathogens such as black sigatoka (Bakaze et al., 2022; Farah Asang et al., 2022). Furthermore, banana wilt, usually associated with nematode infestation, has been observed to occur under severe *C. sordidus* infection (Buena Diaz et al., 2021; Guzman, 2019; Ristaino & Records, 2020).

The use of traps impregnated with chemical insecticides is the main control method for banana weevils. However, not only does this method of suppression have a negative impact on the environment, but it also causes resistance to these insecticides in these insects (Londoño-Caicedo et al., 2023). For these reasons, biological control is being considered as an alternative for the control of *C. sordidus* and *M. hemipterus* (Selvaraj et al., 2019).

Although the use of entomopathogenic fungi such as *Beauveria* spp. and *Metarhizium* spp. can be effective in eliminating some insect pests, they can also have long-term negative effects on populations of beneficial insects such as *Hololepta quadridentata* (Coleoptera: *Histeriidae*), *Camponotus* spp. (Hymenoptera: *Formicidae*), among others, in soils where bananas are grown (Londoño-Caicedo et al., 2023; Viswakethu et al., 2021; Kisaakye et al., 2021).

## Effects of *Beauveria Bassiana* and *Metarhizium anisopliae*

Entomopathogenic fungi *Beauveria Bassiana* (Clavicipitaceae) and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes), upon contact with the host organism inoculate it with the spores adhering to the cuticle of the exoskeleton of the host insect. The conidia then perforate the insect's cuticle to eventually colonize the insect and cause its death, after which the fungus germinates until the cycle begins again (Castillo-Arévalo, 2022).

Therefore, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* are promising ecological alternatives for the control of *C. sordidus* and *M. hemipterus* (Brunner-Mendoza et al., 2019). Their mortality time on the insect varies from 2 to 14 days, depending on the dose applied, the age and biological state of the insect, as well as the environmental conditions and evaluation methodology.

On the other hand, the lack of information on *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control both target and non-target populations is a critical issue (Castillo-Arévalo, 2022). In addition, the long-term consequences of continued use of high doses of these biocontrol agents are unknown, including the potential development of resistance in populations of *M. hemipterus*, an insect that adapts to different habitat types.

Therefore, it is necessary to evaluate different doses of *B. bassiana* and *M. anisopliae* under laboratory conditions to develop dosage strategies that maximize lethality for *M. hemipterus* and *C. sordidus* without altering the ecological balance of the agricultural environment. The aims of the study were to: Evaluate the effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* mortality using a laboratory bioassay.

## Materials and methods

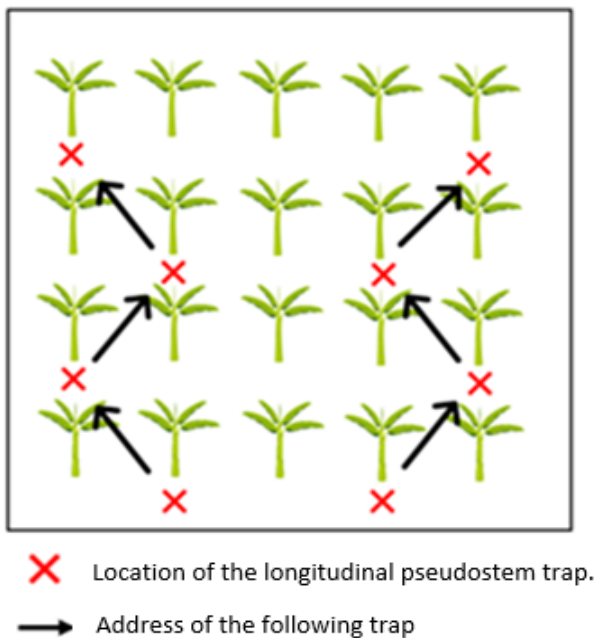
### Study Site

The study was divided into two phases. First, the collection of *C. sordidus* and *M. hemipterus* was carried out in the banana plantation of the Technical University of Machala (UTMACH), located between the coordinates: 3°17'28.2"S 79°54'44.3"W, at an altitude of 6 meters above sea level. The average temperature of the area is 28°C and the annual rainfall is 1012 mm (Villaseñor-Ortiz & Pereira Da Silva, 2022). The second phase, corresponding to the bioassay, was carried out at the Phytosanitary Laboratory of the UTMACH.

### Collection of specimens

To capture *C. sordidus* and *M. hemipterus*, it was necessary to set 200 traps in a W-shaped pattern throughout the banana plantation (Figure 1).

**Fig. 1.** Placement and distribution of traps within the banana plantation.



**Source:** self made.

The traps were made with pieces of freshly harvested pseudostem, about 40 cm long, cut in two with a machete (Figure 2A). Then, wilted banana leaves were placed on the ground about 30 cm away from the pseudostem plants, avoiding proximity to the sprout to avoid disturbing pollination (Figure 2B). This procedure is carried out in attempt to improve the capture of the weevils, especially the striped weevils, due to the odor emitted by the banana leaves, which initiates the process of decomposition.

The attractant used was 300 g of ripe pineapple. The attractant was placed on the leaf and to facilitate the entry of the weevils, two fragments of the central rib of the banana leaf with a length of 20 cm were placed on the leaf. The trap was closed by placing two 20-30 cm long banana leaf midrib fragments to create a separation between the attractant leaf and the pseudostem (Figure 2C). Finally, the trap was covered with dry banana leaves as shown in Figure 2D. Seven days after installation, the traps were reprocessed because the pseudostem, along with the attractant and other parts of the plant that made up the trap, were undergoing a process of decomposition that would render them useless.

*C. sordidus* and *M. hemipterus* species were collected and counted every 3 days for 28 days. The collected specimens were placed in plastic containers with the remains of the harvested banana pod and covered with plastic gauze.

**Fig. 2. A:** Longitudinal section of the pseudostems, **B:** placement of the base leaf and central support vein, **C:** placement of the attractant, **D:** placement of the pseudostem covering the attractant.



**Source:** self made.

### Bioassay Preparation

A selection of 25 live adult specimens of *M. hemipterus* and *C. sordidus* was made from the collected specimens. These specimens were immersed in distilled water for 30 seconds in plastic containers in groups of 5 specimens.

To prolong the life of the captured specimens, freshly harvested banana corms were cut into uniform slices of 300 grams each. To prevent contamination, the corms were disinfected in a 1% sodium hypochlorite solution and then dried, thus preserving the integrity of the plant material, which is essential for the validity of the assay.

In the laboratory, five treatments were performed by inoculating the samples in a 3L solution of distilled water and the control by immersion for 30 seconds. The treatments were: one dose of 1.5 g of *Beauveria bassiana* (D1Bb), two doses of 3 g of *Beauveria bassiana* (D2Bb) and the control treatment without *Beauveria bassiana*. The *Metarhizium anisopliae* treatments were: dose four of 1.5 g *Metarhizium anisopliae* (D3Ma), dose five of 3 g *Metarhizium anisopliae* (D4Ma) and the control without *Metarhizium anisopliae*. *Beauveria bassiana* strains at a concentration of  $2 \times 10^9$  CFU (colony forming units) and *Metarhizium anisopliae* at a concentration of  $5 \times 10^{10}$  CFU.

## Mortality assessment

Five inoculated samples of each treatment and the control were placed in plastic boxes. The effect of *B. bassiana* and *M. anisopliae* as biological control agents on *M. hemipterus* and *C. sordidus* was evaluated by counting the live specimens after 4 observations at intervals of: 24 hours (F1), 72 hours (F2), 168 hours (F3), and 240 hours (F4). The second step to evaluate the mortality was to calculate the percentage of mortality, which was calculated using Abbott's equation (1) of 1925, proposed by Solarte Quintero et al. (2010).

$$\text{Percentage of Corrected Deaths} = \frac{\% \text{ of deaths on treatment} - \% \text{ dead in control}}{100 - \% \text{ dead in control}}$$

## Statistical Design

SPSS software was used for descriptive and inferential statistical analysis. Normality of data was tested using the Shapiro-Wilk test and Levene's test to examine homogeneity of variance between groups. Data from live specimens that did not follow a normal distribution were transformed using the natural logarithm of the base 10. A one-way analysis of variance was then performed on F2, F3, and F4 with the corrected percentages that followed a distribution.

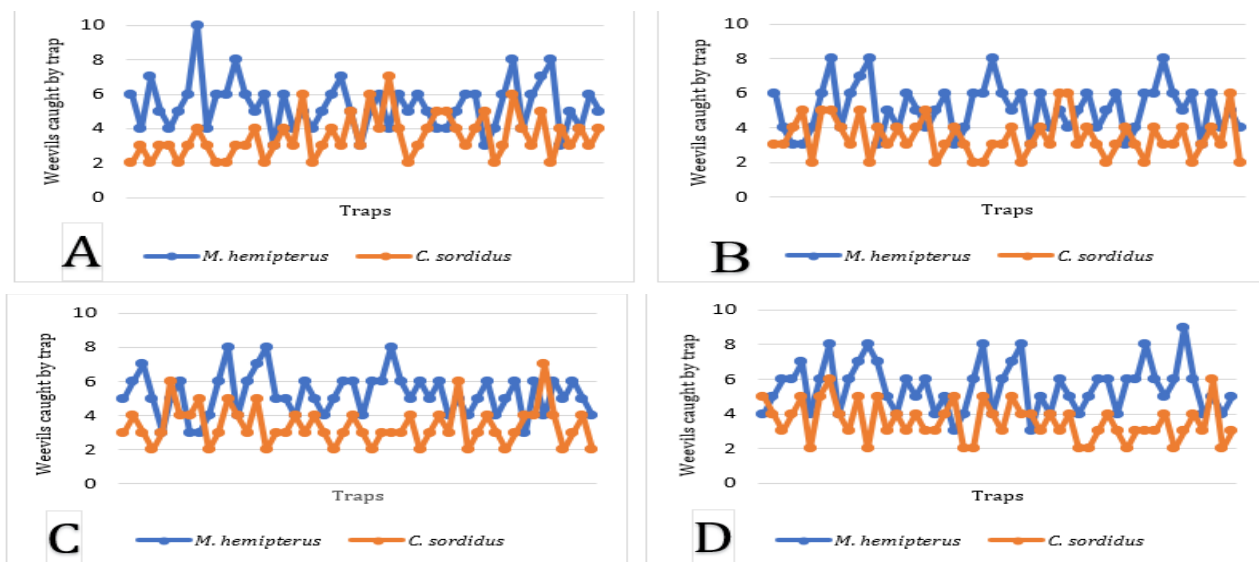
## Results-discussion

### Records of captures of *Metamasius hemipterus* and *Cosmopolites sordidus*

In general, Figure 3 shows that *M. hemipterus* has a greater variability in the number of individuals captured per trap, reaching peaks of up to 10 individuals, while *C. sordidus* has a more stable trend with generally lower numbers of captures, reaching a maximum of 6 individuals. Previous research has shown that the variability in the capture of billbugs can be very different depending on the species and the environmental conditions. For example, studies in different regions of Latin America have documented that *M. hemipterus* tends to show highly variable capture patterns like those observed in this sampling, with high peaks at certain times of the year due to factors such as food availability and shelter.

*C. sordidus*, on the other hand, could adapt to a wider range of environmental conditions and has a more homogeneous dispersal strategy, which has been consistently reported in several studies. Research in banana plantations in Africa and Southeast Asia has shown similar results, with *C. sordidus* showing stable and less variable catches regardless of seasonal or management variations (Tinzara et al 2005).

**Fig. 3.** Catch record of *M. hemipterus* and *C. sordidus* in the different sampling dates (FM) where **A:** Sampling date one (FM1); **B:** Sampling date two (FM2); **C:** Sampling date three (FM3); **D:** Sampling date four (FM4).

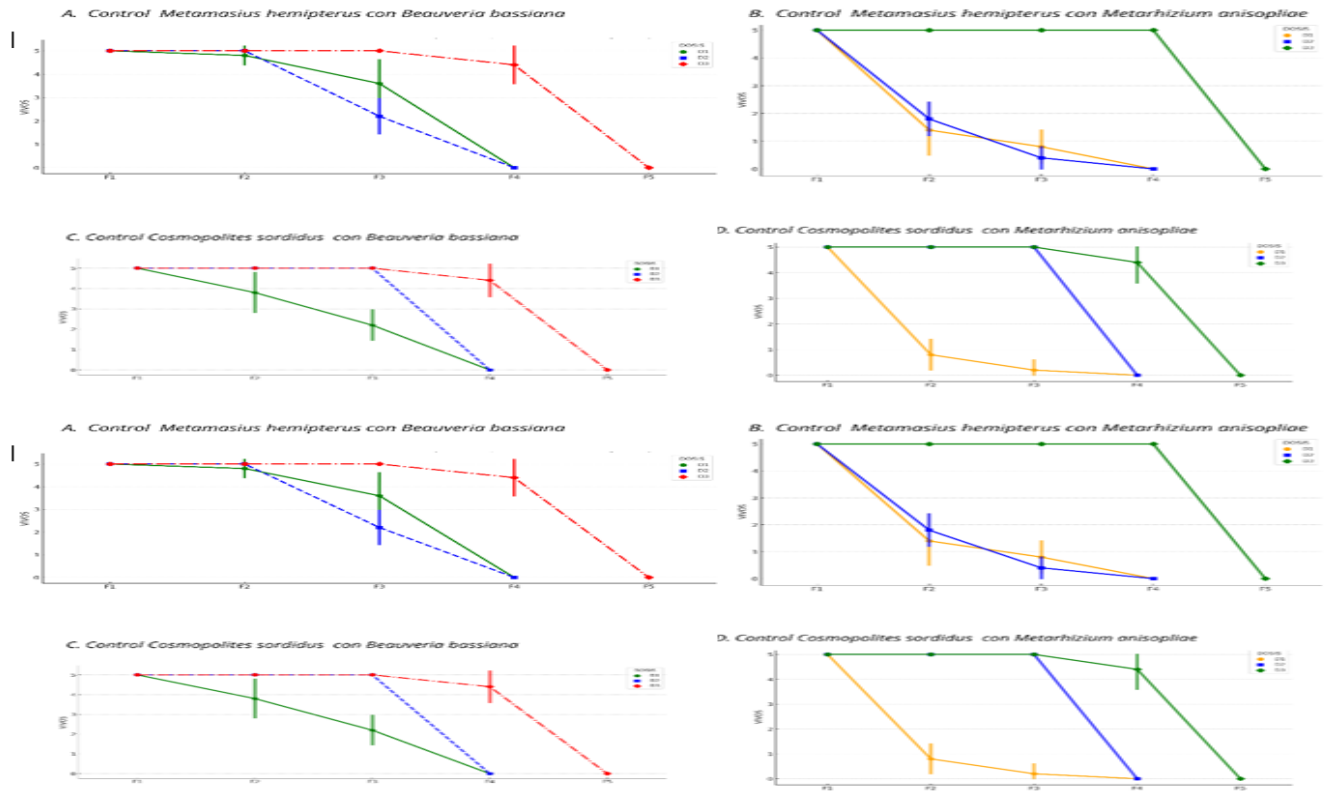


**Source:** self made.

Figure 4 shows the survival curves of *M. hemipterus* and *C. sordidus* at different doses inoculated with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. The highest number of live specimens was recorded in the experiment without control agents. On the other hand, the lowest dose of *B. bassiana* (D1Bb) in the control of *M. hemipterus* showed a gradual decrease in the number of live insects from F2 to F4, where zero live specimens were reached. At the

highest doses of *B. bassiana* (D2Bb), the lethality effect started at 168 h (F3) and reached 0 live insects at F4. In the treatments with the lowest dose of *M. anisopliae* (D3Ma) for both *M. hemipterus* and *C. sordidus*, mortality records started at 72 h and reached 0 live insects at 240 h (F4) for both species.

**Fig. 4.** Survival curves of *M. hemipterus* and *C. sordidus* at different doses inoculated with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*.



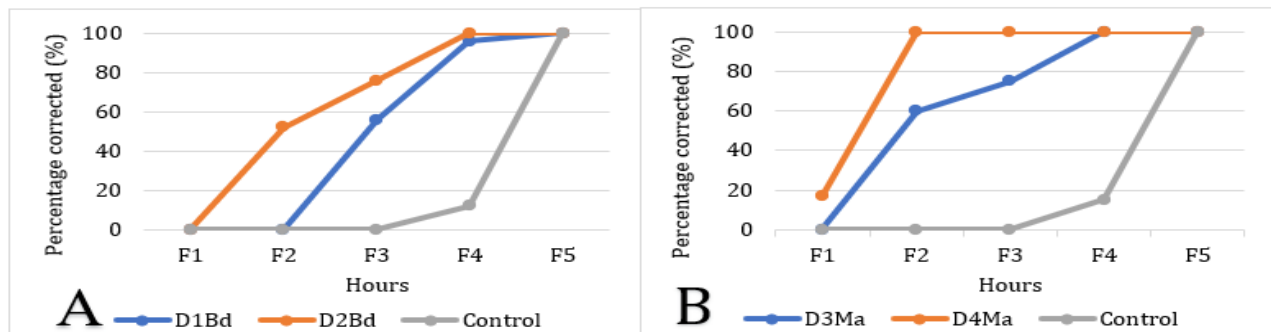
Source: self made.

*Mortality curve for Metamasius hemipterus.*

Figure 5 shows the mortality curves adjusted with the Abbott equation (1925) for *M. hemipterus* when different insects were inoculated with *B. bassiana* and *M. anisopliae*. The D2Bb dose proved to be the most effective treatment, with onset of action at 24 hours (F1) and a steady increase in mortality, reaching 100% at F4 (Figure 5A). While the D1Bb treatment started its control action at F2 and reached its maximum at F4 (100%).

Figure 6B shows the control of *M. hemipterus* with *M. anisopliae*. The D4Ma treatment proved to be the most effective treatment, with a rapid onset of action in F1, reaching 100% total control in F2, while the D3Ma treatment with a lower dose of *M. anisopliae* showed a gradual increase in mortality, starting in F1 and reaching its maximum in F4. In the control bioassay, where no controls were applied, mortality started in F3 and reached 100% mortality in F5.

**Fig. 5.** Corrected mortality curve of *Metamasius hemipterus* control. **A:** Effect of *Beauveria bassiana*. **B:** Effect of *Metarhizium anisopliae*.



Source: self made.

*Mortality Curve for Cosmopolites sordidus*

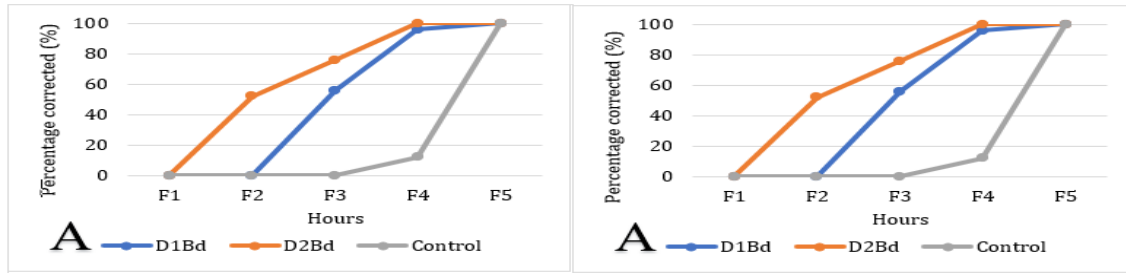


Figure 6 shows the efficacy of *Beauveria bassiana* as a biological control agent against *Cosmopolites sordidus*. The D2Bb treatment showed a rapid mortality effect from F1 to reach 100% in F4, different from the D1Bb treatment where there was a constant increase in mortality, starting in F1 with 20%, increasing in F2 to 60% and reaching 100% in F5.

Figure 5B shows the corrected percentage of mortality for the two treatments with *Metarhizium anisopliae* to control *Cosmopolite sordidus*. D4Ma showed a steady increase in mortality, starting at about 60% in F1 and reaching its

maximum of 100% in F3. D3Ma showed a more gradual onset, starting with 20% mortality in F1, reaching a maximum of 90% in F4 and 100% in F5. While the control reached 100% control in F5. The data suggest that all treatments evaluated with *M. anisopliae* are effective for the control of *C. sordidus*, reaching similar levels of efficacy (approximately 70-90%) in F3. In previous studies, both *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* have been shown to be effective for the control of various curculioid species, supporting the results observed in this study (Shapiro-Ilan et al., 2012; Negrete et al., 2018).

**Fig. 6.** Corrected mortality curve of *Cosmopolites sordidus* control. **A:** Effect of *Beauveria bassiana*. **B:** Effect of *Metarhizium anisopliae*.



Source: self made.

### Comparison of efficacy between treatments

The results showed that the control *M. anisopliae* had a significant effect at the D2Ma dose on both days, with means of 68.0% and 56.0%, respectively, placing it in group AB according to Tukey's test at 5% significance. On the other hand, the D1Ma and D3Ma doses showed no relevant effects, remaining in group A with means of 0.0 in D3 and 0.0 to 8.0% in D1Ma (Table 1). On the other hand, the *B. bassiana* agent showed a significant effect mainly at the D1Bb dose on day F3, with a mean of 56.0 in group AB, while the D2Bb and D3Bb doses showed no noticeable effects, both with means of 0.0. These results suggest that the efficacy of the control agents varies considerably with dose and time of application, with *M. anisopliae* being more effective at higher doses over a short period of time, and *B. bassiana* showing efficacy at a specific dose but with variability over time. The lack of effect at D3 doses for both agents suggests the need for dose adjustment to optimize control of *M. hemipterus*. This finding is consistent with recent studies suggesting that the efficacy of *B. bassiana* can vary considerably with time and dose (Lara et al., 2020).

**Table 1.** Tukey 5% test for *M. hemipterus* at three doses of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*.

Specimens/control agent	Date	Dosage	Mean (%)	Tukey
<i>M. hemipterus</i> / <i>M. anisopliae</i>	F2	D3Ma	0,0	A
	F2	D4Ma	68,0	AB
	F2	Control	0,0	A
	F3	D3Ma	8,0	A
	F3	D4Ma	56,0	AB
	F3	Control	0,0	A
<i>M. hemipterus</i> / <i>B. bassiana</i>	F2	D1Bd	24,0	AB
	F2	D2Bd	0,0	A
	F2	Control	0,0	A
	F3	D1Bd	56,0	AB
	F3	D2Bd	0,0	A
	F3	Control	0,0	A

Source: self made.

The results in Table 2 show significant differences in the efficacy of the control agents *M. anisopliae* and *B. bassiana* on *C. sordidus* according to the dose applied and the date of evaluation.

For *M. anisopliae*, on day F2, the D3Ma dose showed a mean of 24.0% and was placed in group AB, indicating a significant effect. The D4Ma doses and the control showed no effect, with a mean of 0.0% in group A. On day F3, the D3Ma dose increased its efficacy, showing a mean of 56.0% in the AB group, while D4Ma and the control again showed no effect, with a mean of 0.0%.

In the case of *B. bassiana*, on day F2, the D2Bd dose showed a mean of 68.0% and was placed in the AB group, while D1Bd and the control had no effect, both with means of 0.0% in the A group. On day F3, the D2Bd dose maintained its efficacy with a mean of 56.0% in the AB group, and the D1Bd dose showed a mild effect with a mean of 8.0% in the A group, while the control remained without effect with a mean of 0.0%.

These results are consistent with recent studies suggesting that the efficacy of biological agents such as *M. anisopliae* and *B. bassiana* depends on the dose applied and the environmental conditions (Pérez et al., 2016). The variability in efficacy observed at D3Ma and D2Bd doses may be due to factors such as inoculum density and persistence of the biological agent in the environment (Lara et al., 2020).

**Table 2.** Tukey 5% test for *C sordidus* at three doses of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*.

Specimens/control agent	Date	Dosage	Mean (%)	Tukey
<i>C. sordidus/ M. anisopliae</i>	F2	D3Ma	24,0	AB
	F2	D4Ma	0,0	A
	F2	Control	0,0	A
	F3	D3Ma	56,0	AB
	F3	D4Ma	0,0	A
	F3	Control	0,0	A
<i>C. sordidus/ B. bassiana</i>	F2	D1Bd	0,0	A
	F2	D2Bd	68,0	AB
	F2	Control	0,0	A
	F3	D1Bd	8,0	A
	F3	D2Bd	56,0	AB
	F3	Control	0,0	A

Source: self made.

## Conclusion

This research has demonstrated the high efficacy of both *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as biological control agents for both *C sordidus* and *M hemipterus* under laboratory conditions. Although *C sordidus* showed faster mortality than *M hemipterus* with both fungi and all doses, *M anisopliae* is more effective at high doses for both species, while *B bassiana* shows moderate and gradual efficacy, which is crucial to optimize field biological control.

Future research should focus on validating field efficacy, determining optimal doses under different environmental conditions, studying interactions with other control agents, and evaluating long-term effects on banana ecosystems.

## References

Bakaze, E., Tinzaara, W., Gold, C., & Kubiriba, J. (2022). The Status of Research for the Management of the Banana Weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) in Sub-Saharan Africa. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4(2), 39–51. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.2.469>

Buena Díaz, A. P., Hernández Suarez, E., Paris, M., Pomposo Medina, Marta., & Perera González, S. (2021). Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Informe Té.

Castillo-Arévalo, T. (2022). Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *Revista Universitaria Del Caribe*, 28(01), 95-102. <https://doi.org/10.5377/ruc.v28i01.14449>

Delaplace, A., Coulis, M., Cottin, G., & Tixier, P. (2024). Effect of climatic variables and pheromone trapping strategy on the capture of *Cosmopolites sordidus* in banana fallows. *Crop Protection*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106501>

Duque, P. V. (2023). Elaboration of a thematic map on the pests that attack banana crops (*Musa x paradisiaca*) using sigma tools (Vol. 1). <http://centrosuragraria.com/index.php/International>. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Farah Asang, S., Bajaan Sánchez, G., Amador Sacoto, C., Hasang Morán, E., & Alvarado Barzallo, A. (2022). Eficacia de trampas etológicas para el control de *Cosmopolites sordidus* en banano (*Mussa spp*) en la Hacienda Mechita del Cantón Pueblo Viejo en Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4). <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.976>

Guzmán, A. (2019). Alternativas Para El Control De Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus* G.) En El Cultivo De Bana- No Convencional. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.

Kisaakye, J., Fourie, H., Coyne, D., Cortada, L., Masinde, S., Subramanian, S., & Haukeland, S. (2021). Evaluation of the entomopathogenic potential of *beauveria bassiana*, *metarhizium anisopliae* and *isaria fumosorosea* for management of *cosmopolites sordidus* germar (Coleoptera: Curculionidae). *Agriculture (Switzerland)*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/agriculture11121290>

Lara, S., Pérez, R., & González, T. (2020). Optimización de dosis de control biológico en cultivos. *Journal of Agricultural Science*, 32(2), 198-210.

Londoño-Caicedo, J. M., Uribe-Londoño, M., Buitrago-Bitar, M. A., Cortés, A. J., & Muñoz-Flórez, J. E. (2023). Molecular Identification and Phylogenetic Diversity of Native Entomopathogenic Nematodes, and Their Bacterial Endosymbionts, Isolated from Banana and Plantain Crops in Western Colombia. *Agronomy*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy13051373>

Maymon, M., Sela, N., Shpatz, U., Galpaz, N., & Freeman, S. (2020). The origin and current situation of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4 in Israel and the Middle East. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58378-9>

Negrete-González, D., Ávalos-Chávez, M. A., Lezama-Gutiérrez, R., Chan-Cupul, W., Molina-Ochoa, J., & Galindo-Velasco, E. (2018). Suitability of *Cordyceps bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for biological control of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) in an organic Mexican banana plantation: laboratory and field trials. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125(1), 73. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0132-1>

Ristaino, J. B., & Records, A. R. (2020). Emerging plant diseases and global food security. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/9780890546383.008>

- Saquicela Cruz, P. S., Romanova, E. V., Guamán Guamán, R. N., Ulloa Cortázar, S. M., & Villavicencio Abril, Á. F. (2023). Caracterización morfológica y bioquímica de *Ralstonia solanacearum* Raza 2, bacteria patógena en cultivos de banano y plátano en El Carmen, Manabí, Ecuador. *Siembra*, 10(1), e4305. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4305>
- Selvaraj, M. G., Vergara, A., Ruiz, H., Safari, N., Elayabalan, S., Ocimati, W., & Blomme, G. (2019). AI-powered banana diseases and pest detection. *Plant Methods*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
- Shapiro-Ilan, D. I., Gouge, D. H., Koppenhöfer, A. M., & Grewal, P. S. (2012). Entomopathogenic Nematode Application Technology. In *Microbial Control of Insect and Mite Pests* (pp. 231-239). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384985-4.00014-5>
- Tinzaara, W., Gold, C. S., Dicke, M., Van Huis, A., & Ragama, P. E. (2005). Effect of mulching on banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae), movement and damage in Uganda. *Crop Protection*, 24(7), 631-636. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.11.016>
- Villaseñor-Ortiz, D., & Pereira Da Silva, G. (2022). New Approach to the Applicability of DRIS in Bananas Based on the Accuracy of Nutritional Diagnoses for Nitrogen and Potassium. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1459886/v1>
- Viswakethu, V., Balakrishanan, P., Murugan, L., Narayana swamy, B., & Subbaraya, U. (2021). Entomopathogenic fungi as a promising biological control agent against banana fruit scarring beetle, *Basilepta subcostata* (Jac.) (Chrysomelidae: Coleoptera). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1).

# 03

Recibido: junio, 2024 Aceptado: junio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Geotemperatura y rendimiento del cultivo frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas

Geotemperature and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under different dead vegetation cover

Lourdes Llauca Pizarro<sup>1\*</sup>

E-mail: [lllauca1@utmachala.edu.ec](mailto:lllauca1@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5328-6440>

José Miguel Martínez<sup>1</sup>

E-mail: [jmartinez8@utmachala.edu.ec](mailto:jmartinez8@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8737-9636>

Angel Eduardo Luna-Romero<sup>1</sup>

E-mail: [aeluna@utmachala.edu.ec](mailto:aeluna@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

Diego Villaseñor-Ortiz<sup>1</sup>

E-mail: [dvillaseñor@utmachala.edu.ec](mailto:dvillaseñor@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

\*Autor para correspondencia

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Llauca Pizarro, L., Miguel Martínez, J., Luna-Romero, A. E. y Villaseñor-Ortiz, D. (2024). Geotemperatura y rendimiento del cultivo frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 20-26. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La presente investigación evalúa cómo las coberturas vegetales muertas afectan la geotemperatura y el rendimiento del fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L.). Este estudio es crucial para identificar prácticas agrícolas sostenibles que mejoren la productividad y conservación del suelo, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria y mitigación del cambio climático. Se implementó un diseño cuadrado latino considerando como tratamientos las siguientes coberturas vegetales muertas: tamo de arroz (T1), aserrín (T2), hojas de maíz (T3) y sin cobertura (T0). Los datos morfológicos del cultivo fueron recopilados y analizados mediante métodos estadísticos adecuados para determinar la significancia de los resultados. Los hallazgos muestran que las coberturas vegetales muertas ayudan a mantener una temperatura del suelo más estable en comparación con el testigo. Además, los tratamientos T1 y T2 fueron los más beneficiosos, aumentando el rendimiento del cultivo a 714,67 y 718,44 kg por hectárea, respectivamente. Se concluye que las coberturas vegetales como el tamo de arroz y el aserrín son una alternativa viable para conservar la humedad y mejorar la productividad del fréjol caupí. No obstante, futuras investigaciones deberían explorar la aplicación del mulch en otros cultivos y bajo diferentes condiciones climáticas para poder generalizar estos hallazgos.

### Palabras clave:

Coberturas vegetales, Rendimiento, Frejol caupí, Geotemperatura, Productividad.

### ABSTRACT

The present research evaluates how dead vegetation cover affects the geotemperature and yield of cowpea beans (*Vigna unguiculata* L.). This study is crucial to identify sustainable agricultural practices that improve soil productivity and conservation, thus contributing to food security and climate change mitigation. A Latin square design was implemented considering the following dead plant covers as treatments: rice chaff (T1), sawdust (T2), corn husks (T3) and no cover (T0). The morphological data of the crop were collected and analyzed using appropriate statistical methods to determine the significance of the results. The findings show that dead vegetation covers help maintain a more stable soil temperature compared to the control. In addition, T1 and T2 treatments were the most beneficial, increasing crop yield to 714.67 and 718.44 kg per hectare, respectively. It is concluded that plant covers such as rice chaff and sawdust are a viable alternative to conserve moisture and improve cowpea bean productivity. However, future research should explore the application of mulch in other crops and under different climatic conditions in order to generalize these findings.

### Keywords:

Vegetation covers, Yield, Cowpea beans, Geotemperature, Productivity.

## Introducción

El cambio climático y el crecimiento demográfico plantean un importante desafío para la agricultura en términos de garantizar la seguridad alimentaria a nivel global. Estudios indican una tendencia hacia la reducción de la producción de alimentos en los próximos años. Este fenómeno se atribuye al incremento de la temperatura, las alteraciones en los patrones de precipitación y la presencia de gases de efecto invernadero, los cuales han generado escasez de recursos hídricos, la pérdida de fertilidad del suelo y modificaciones en el metabolismo vegetal, impactando negativamente en la agricultura (Malhi et al., 2021).

El uso de mulch biodegradable se plantea como una estrategia para abordar el cambio climático, ya que podría mejorar el crecimiento y rendimiento de diversos cultivos de ciclo corto al modificar el microclima, proporcionando un ambiente favorable y nutriente al suelo. Esta técnica es práctica para alcanzar una agricultura sostenible a largo plazo y minimizar los impactos ambientales adversos. Por este motivo, es necesario llevar a cabo más investigaciones con diferentes tipos de mulch orgánicos en distintos tipos de hortalizas (Iriany et al., 2021a).

Aunque la literatura sobre el empleo de coberturas vegetales muertas en el cultivo de frejol es limitada, numerosas investigaciones han validado la efectividad de esta práctica en la productividad de una variedad de cultivos. A modo de ejemplo, el uso del mulch mejoró los atributos agronómicos del maíz (Ramadhan, 2021) y tuvo un impacto significativo en las variables de crecimiento y rendimiento del chile (Iriany et al., 2021b).

También existen discrepancias respecto al impacto del mulching en el rendimiento de los cultivos, debido a que varios investigadores han reportado efectos adversos. Sin embargo, estos efectos no se consideran críticos en situaciones reales en el campo. Por consiguiente, se puede inferir a partir de la literatura que el mulching representa una opción económica para reducir la proliferación de arvenses, mantiene un nivel adecuado de humedad en el suelo. Además, el mulching contribuye al mejoramiento del crecimiento, desarrollo y rendimiento global de los cultivos (Iqbal et al., 2020).

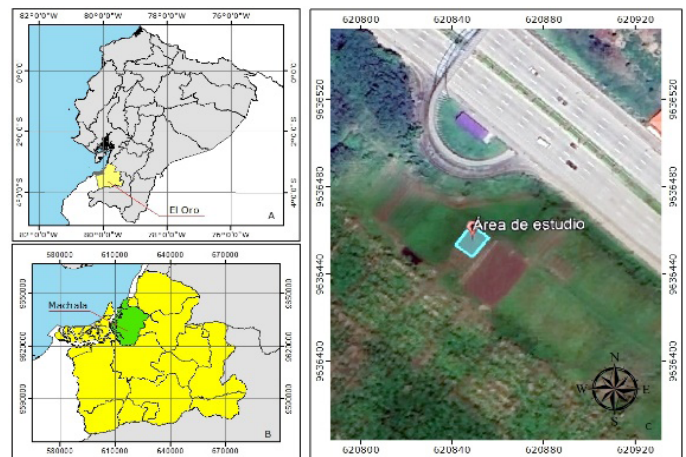
Uno de los cultivos de diversos usos es el frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) debido a que es empleado tanto en la alimentación humana como animal, además de desempeñar un papel fundamental en la preservación de la fertilidad del suelo (Kebede & Bekeko, 2020). Según la FAO (2022), Ecuador produce 14,672 toneladas por hectárea de frijoles secos, lo que equivale al 0,0518% de la producción mundial en el año 2022. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Durante el periodo de octubre de 2023 y enero de 2024 se desarrolló la presente investigación en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) situada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador (Fig. 1). Sus coordenadas geográficas son 3°17'18.9" de latitud sur y 79°54'43.7" de longitud oeste. La zona posee una clasificación de bosque muy seco Tropical con una precipitación media anual de 699 mm, una temperatura media anual de 25 °C, una humedad relativa del 84% y una altitud de 6 m.s.n.m., según a las zonas de vida natural de Holdridge y en el mapa ecológico del Ecuador (Cervantes Alava et al., 2020).

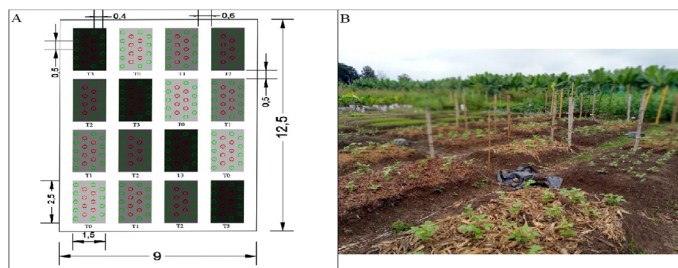
**Fig. 1:** Ubicación del área de estudio. A) Representación cartográfica de Ecuador. B) Cartografía de la provincia El Oro. C) Área de estudio.



**Fuente:** Elaboración propia

Para investigar el efecto de diversas coberturas vegetales muertas, se empleó un diseño cuadrado latino 4 x 4 (DCL). En el estudio se probaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, totalizando 16 unidades experimentales (UE) y cubriendo un área total de 112,5 m<sup>2</sup>. Las coberturas evaluadas, con un grosor aproximado de 1 cm, consistieron en las siguientes: sin cobertura (T0), tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3), como se aprecia en la Fig. 2-A. La implementación del cultivo, de acuerdo con el diseño experimental y sus respectivas medidas, se muestra en la Fig. 2-B. La siembra directa en tres bolillos se realizó el 25 de octubre de 2023.

**Fig. 2:** Diseño experimental. A) Tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). B) Implementación del cultivo de acuerdo con el diseño experimental



**Fuente:** Elaboración propia

### Propiedades físicas del suelo

Para determinar las propiedades físicas del suelo, se llevó a cabo una calicata con el fin de extraer tres muestras a diferentes profundidades (0, 2,5 y 7,5 cm). Se utilizaron cilindros volumétricos para determinar parámetros físicos como la densidad aparente ( $D_a$ ), humedad gravimétrica ( $G_w$ ) y humedad volumétrica ( $V_w$ ), empleando las ecuaciones propuestas por Lowery et al. (1996). Para el cálculo del punto de marchitez permanente (PMP), se empleó la ecuación (1) propuesta por Silva et al. (1988), la cual se detalla a continuación.

$$PMP = G_w \times 0,74 - 5 \quad (1)$$

### Calibración de los termistores

La calibración de los termistores NTC (Negative Temperature Coefficient) de  $10000 \Omega$  es un paso fundamental para obtener mediciones de temperatura precisas en el suelo. Este procedimiento se realiza sumergiendo cada termistor en agua a temperaturas de 5, 25 y 50 °C, y registrando los valores de resistencia con un multímetro. A partir de estos datos, se calculan los coeficientes de la ecuación (2) de Steinhart & Hart (1968) con el empleo de la Thermistor Calculator V1.1 desarrollada por Stanford Research Systems Inc, este proceso permite establecer una única ecuación a cada termistor para su uso como sensor de temperatura. La calibración asegura la confiabilidad de las mediciones de temperatura en los diferentes tratamientos del estudio, lo que es fundamental para obtener resultados precisos y confiables.

$$T^{-1} = A + B \log R + C(\log R)^3 \quad (2)$$

Donde;  $T^{-1}$  simboliza la temperatura (kelvin); A, B y C son los coeficientes de Steinhart-Hart y R simboliza el valor de la resistencia medida en el termistor ( $\Omega$ ).

### Manejo del experimento

Para la preparación del suelo, se utilizó maquinaria liviana (motocultor) para realizar labranza mecanizada con la finalidad de mejorar la aireación del suelo y la infiltración

del agua en los primeros 30 cm de superficie, posteriormente se elaboraron las UE con las medidas mencionadas anteriormente. Siete días antes de la siembra, se aplicó un insecticida con ingrediente activo Chlorpyrifos y Cypermethrin. Al mismo tiempo, se llevó a cabo la desinfección de las coberturas vegetales utilizando formaldehído al 40% de concentración, con una proporción de 1 litro por cada 20 litros de agua. Esta mezcla se dejó reposar durante 5 días, con intervalos de 2 días para remover las coberturas y garantizar una desinfección efectiva.

Durante la siembra, se emplearon semillas de frejol caupí de la variedad INIAP-462, en donde se ubicaron tres semillas por golpe, seguido de un raleo tras su emergencia. Asimismo, se aplicó tutorado a una altura de 1,70 metros para cada unidad muestral (UM).

Con respecto al riego se implementaron 4 aspersores Xcel-Wobbler debidamente distribuidos en toda el área experimental con descarga de 0 a  $1267 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$  y se dispuso la misma frecuencia de riego para todos los tratamientos. Una vez establecido el cultivo se aplicó con intervalos de 2 días un insecticida orgánico de manera foliar a base de ajo (*Allium sativum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) para la prevención de plagas o enfermedades.

En cuanto a la fertilización, se llevó a cabo de manera edáfica mediante la aplicación de un fertilizante granulado completo con la siguiente composición: 12% de N, 11% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 18% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 2,7% de MgO, 8% de S, 0,015% de B, 0,2% de Fe, 0,02% de Mn y 0,02% de Zn. Se aplicaron aproximadamente 5 gramos de fertilizante por cada UM a los 20 y 40 días después de la siembra (dds). Para el control de malezas, se llevó a cabo de forma manual y semanal.

### Temperatura del suelo

Se establecieron los termistores NTC calibrados a profundidades de 0, 2,5 y 7,5 cm en todas las UE, con la ayuda de 4 Arduino Mega 2650 implementados en el campo se registraron los valores de resistencia, los cuales fueron convertidos directamente en unidades de temperatura en grados Celsius mediante la ecuación (2) en intervalos de una hora. Este registro se realizó a las 07:00, 12:00 y 17:00 durante todo el ciclo del cultivo.

### Variables morfológicas del cultivo

Se llevaron a cabo mediciones en las seis UM seleccionadas dentro de cada UE. Las variables descritas a continuación se evaluaron a los 15, 30 y 50 dds. La medición del diámetro del tallo se efectuó empleando un calibrador Vernier manual a 1 cm de la superficie del suelo. Para la determinación del contenido de clorofila, se utilizó el medidor SPAD-502 PLUS en la tercera hoja sana. En el momento de la cosecha, se procedió a evaluar las siguientes variables. Las raíces, una vez extraídas del suelo y lavadas con abundante agua, se midieron en cuanto a su longitud, desde el cuello de la raíz principal hasta el extremo

de su proyección en la dirección del crecimiento (Ruiz-Sánchez et al., 2021). También se analizó el número de vainas por planta, masa de los granos por planta y el rendimiento, que se determinó por el promedio del peso total de frutos recolectados de cada parcela para después ser expresado en kg ha<sup>-1</sup> (Ortiz Enriquez et al., 2022).

### Análisis estadístico

Todos los resultados, con excepción del rendimiento, fueron sujetos a un análisis de varianza de un factor entre grupos (ANOVA) utilizando el software IBM SPSS Statistics 22.0 con el propósito de determinar las diferencias estadísticas entre los diversos tratamientos y el control (tratamiento testigo). Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples utilizando la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ). Para el rendimiento se establecieron medias aritméticas para determinar diferencias y similitudes entre los tratamientos.

## Resultados-discusión

### Propiedades físicas del suelo

Los resultados obtenidos en el laboratorio de suelo para las tres profundidades evaluadas se muestran en la Tabla 1, donde los valores fueron utilizados para el cálculo de Da y PMP. Donde Gw es humedad gravimétrica, Da es densidad aparente, Vw es humedad volumétrica y PMP es punto de marchitez permanente.

**Tabla 1:** Resultados de propiedades físicas para tres profundidades: densidad aparente (Da), humedad gravimétrica (Gw), humedad volumétrica (Vw) y punto de marchitez permanente (PMP).

Profundidad (cm)	Da (g cm <sup>-3</sup> )	Gw (%)	Vw (%)	PMP (%)
0	1,447	24,958	36,122	13,469
2,5	1,371	25,395	34,805	13,792
7,5	1,369	27,023	37,003	14,997

Fuente: Elaboración propia

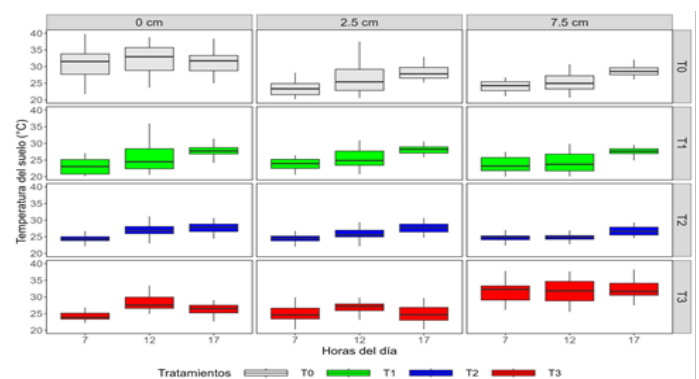
### Temperatura del suelo

En la Fig. 3 se muestran los resultados obtenidos del comportamiento de la geotemperatura a diferentes profundidades. En la profundidad de 0 cm se puede observar que las temperaturas del tratamiento T0 (sin cobertura) presentaron valores mayores a 30 °C, a diferencia de los tratamientos T1 (tamo de arroz), T2 (aserrín) y T3 (hojas de maíz), que generaron valores menores a 25 °C. A la profundidad de 2,5 cm se presentaron valores menores

a 30 °C en los tratamientos T0, T1, T2 y T3. El comportamiento de la geotemperatura del T1 es similar a los resultados reportados por Mendonça et al. (2021), donde se señala que la cobertura de tamo de arroz disminuye la geotemperatura debido a su albedo más alto y una conductividad térmica más baja que el suelo sin cobertura (suelo desnudo), lo que reduce la cantidad de radiación que llega a la superficie del suelo y resulta en menos energía superficial disponible para calentar el suelo.

Por otro lado, a la profundidad de 7,5 cm se registraron valores menores de 25 °C en los tratamientos T0, T1 y T2, mientras que el tratamiento T4 presentó valores mayores a 30 °C. La geotemperatura a las 7:00 y 12:00 horas es relativamente baja en los tratamientos de aserrín (T2) en las diferentes profundidades. Por otro lado, los valores de temperatura en el tratamiento T3 fueron mayores a las 7:00, 12:00 y 17:00 horas en la profundidad de 7,5 cm. Según Romero Delgado et al. (2022), la aplicación de coberturas vegetales muertas es capaz de alterar el microclima.

**Fig. 3:** Comportamiento de la temperatura del suelo en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3)

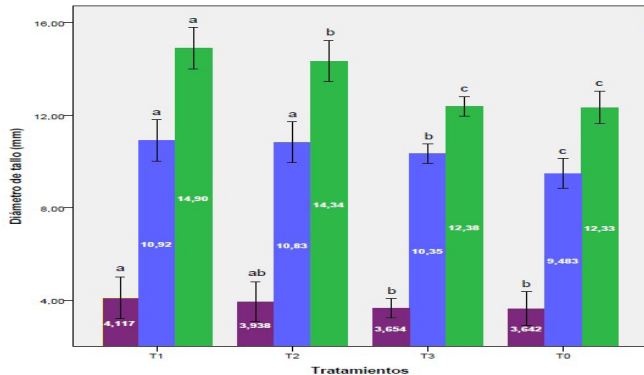


Fuente: Elaboración propia

### Diámetro de tallo

Los resultados obtenidos del diámetro de tallo en milímetros a los 15 dds (09/11/2023) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, a los 30 dds (24/11/2023) y 50 dds (14/12/2023) (Fig. 4), los tratamientos T1 (tamo de maíz) y T2 (aserrín) registraron valores de diámetro de tallo mayores con 14,9 mm y 14,3 mm, respectivamente, en contraste con T0 (sin cobertura), que presentó un diámetro de tallo menor de 12,3 mm, siendo estadísticamente semejantes. Souza da Silva et al. (2021) concluye que el uso de acolchado es eficaz para el crecimiento de las plantas, el control de las malas hierbas y el mantenimiento de la humedad del suelo.

**Fig. 4:** Diámetro de tallo (mm) a los 15, 30 y 50 días después de la siembra (dds) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ )

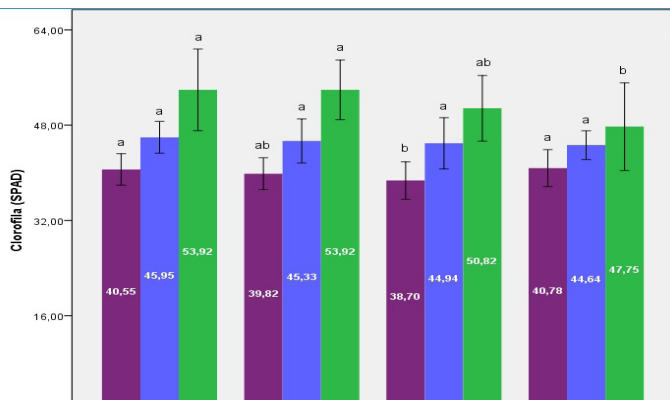


Fuente: Elaboración propia

### Clorofila

En la medición de clorofila a 15 dds (09/11/2023) y 30 dds (24/11/2023) no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Al contrario, en el T2 y T1 a los 50 dds (14/12/2023) las concentraciones de clorofila fueron mayores con 53,93 y 53,92 en comparación con el T0 (47,75), que presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Fig. 6). Esto coincide con los resultados de Quezada-Quezada et al. (2023), donde en las tres etapas fenológicas del cultivo, en las que se recopilaban datos de esta variable, expresados en valores SPAD, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Fig. 5:** Medición de clorofila (SPAD) a los 15, 30 y 50 días después de la siembra (dds) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).

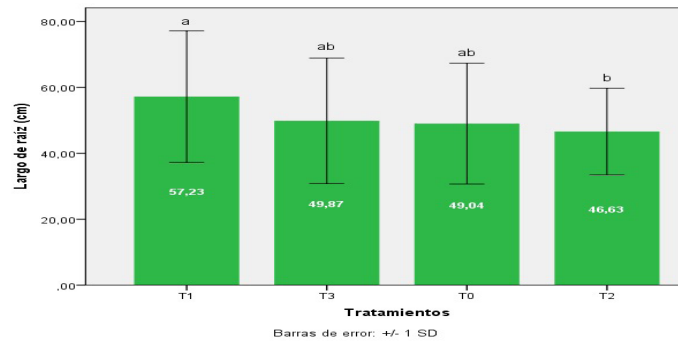


Fuente: Elaboración propia

### Largo de raíz

En la variable de longitud de raíz en centímetros no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos del estudio ( $p > 0,05$ ) (Fig. 6).

**Fig. 6:** Largo de raíz (cm) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).

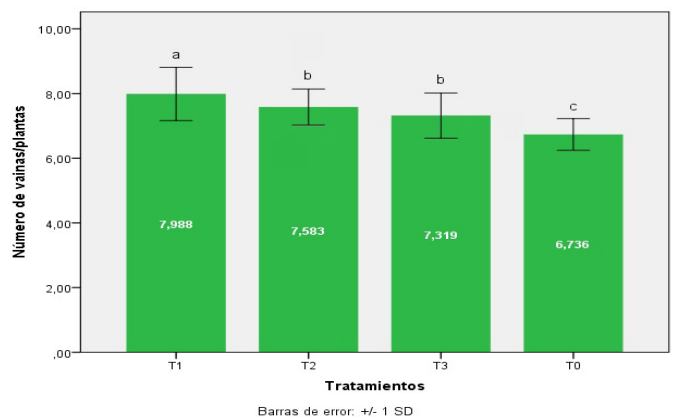


Fuente: Elaboración propia

### Número de vainas

Los resultados obtenidos en las cosechas de vainas por planta presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El tratamiento T1 (7,99) se destacó como el más eficaz, seguido por T2 (7,58) y T3 (7,32), que presentaron similitudes estadísticas, en contraste con el tratamiento T0 (6,74) (Fig. 7). Según los resultados, el uso de coberturas vegetales muertas pudo aumentar la cantidad de vainas respecto al tratamiento testigo (T0). Los resultados concuerdan con Mon & Oue (2022), quienes en su experimento realizado en soya concluyeron que el uso del mulch está directamente relacionado con la cantidad de hojas verdes, aumentando el número de vainas por planta. Esta, a su vez, depende de un óptimo contenido de humedad en el suelo; por tanto, el mulch ayuda a la retención de humedad.

**Fig. 7:** Número de vainas por planta en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).



Fuente: Elaboración propia

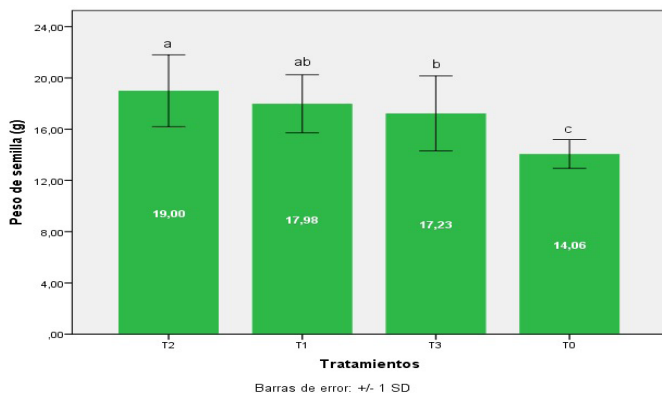
### Peso de semillas

La variable peso de semillas en gramos presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos T2 y T1



con valores mayores de 19,00 y 17,98 gramos, mientras que el tratamiento T0 tuvo valores menores de peso de semillas de 14,06 g (Fig. 8). Según Kader et al. (2017), la disminución en el peso de las semillas en los tratamientos con suelo desnudo se produjo debido al bajo contenido de agua en la primera capa de suelo, ocasionado por la alta evaporación superficial. Por lo tanto, las coberturas vegetales muertas aumentan el peso de las semillas de frijol debido a la disponibilidad de agua que se conserva en el suelo.

**Fig. 8:** Peso de semillas (g) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ).



Fuente: Elaboración propia

### Rendimiento

Como se muestra en la Tabla 2, el tratamiento T2 presentó los valores más altos, con un peso total de 269,42 g, obtenido del promedio de las cuatro unidades experimentales. De manera similar, el tratamiento T1 registró un valor total de 268,00 g, ambos tratamientos mostrando valores altos de peso. En contraste, el tratamiento T0 tuvo el valor más bajo, con un peso total de 192 g. Los resultados de los pesos totales de cada tratamiento fueron transformados a kilogramos por cada 3,75 m<sup>2</sup> y después convertidos a kg ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos T1 y T2 demostraron ser los más beneficiosos, aumentando el rendimiento del cultivo hasta 714,67 y 718,44 kg por hectárea, respectivamente. Esto concuerda con Nunes Alves et al. (2018), quienes indican que el acolchado pretende minimizar las pérdidas de agua del sistema a la atmósfera, usando materiales orgánicos (paja, residuos vegetales, etc.) o inorgánicos (plástico) en el suelo, con el objetivo de aumentar el rendimiento de los cultivos.

**Tabla 2:** Rendimiento en el cultivo de frijol caupí en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3).

Tratamientos	Promedio del peso total de granos (gramos)	Rendimiento por unidad experimental (kg 3,75m <sup>2</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
T0	192,00	0,192	512,00
T1	268,00	0,268	714,67
T2	269,42	0,269	718,44
T3	246,00	0,246	656,00

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones

El uso de coberturas vegetales muertas en el cultivo de frijol caupí demostró resultados favorables; al mediodía (12:00), se observaron geotemperaturas inferiores en comparación con el suelo desnudo a profundidades de 0 y 2,5 cm, mientras que en horas de la tarde (17:00), las temperaturas del suelo con cobertura vegetal muerta fueron superiores en comparación con el suelo descubierto a una profundidad de 7,5 cm. Esto indica que el uso de mulch ayuda a reducir el calor intenso durante las horas de mayor radiación y a conservar dicho calor a medida que avanza el tiempo. En las variables morfológicas del cultivo, se observaron diferencias significativas con la cobertura de tamo de arroz en el diámetro del tallo (14,9 mm) y el número de vainas por planta (7,99). La cobertura de aserrín destacó en los parámetros de clorofila (53,92 SPAD) y peso de semillas (17,98 g). Sin embargo, en la variable de longitud de raíz (cm) no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. En cuanto al rendimiento del cultivo, se observaron valores mayores con la cobertura de aserrín (718,44 kg ha<sup>-1</sup>) y tamo de arroz (714,67 kg ha<sup>-1</sup>), incrementando la productividad en comparación con la ausencia de cobertura en un 40,32% y 39,58%, respectivamente. Se recomienda el uso de coberturas vegetales muertas para aumentar el rendimiento del cultivo. Además, se sugiere realizar estudios adicionales con diferentes tipos de cultivos y condiciones climáticas.

### Referencias bibliográficas

- Cervantes Alava, A. R., Sigcha Cañar, L., Villaseñor Ortiz, D., & Maldonado Mora, T. (2020). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 192-198.
- FAO. (2022). *Cultivos y productos de ganadería*. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

- Iqbal, R., Raza, M. A. S., Valipour, M., Saleem, M. F., Zaheer, M. S., Ahmad, S., Toleikiene, M., Haider, I., Aslam, M. U., & Nazar, M. A. (2020). Potential agricultural and environmental benefits of mulches—a review. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>
- Iriany, A., Hasanah, F., Farahdina, F. A. R., & Rosalia, N. (2021). Organic mulch sheet as a mitigation strategy in vegetable cultivation : Its effect on the growth and yield of chili ( *Capsicum annum* L .). *Earth and Environmental Science*, 771, 1-9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/771/1/012005>
- Iriany, A., Hasanah, F., Roeswitawati, D., & Bela, M. F. (2021). Biodegradable mulch as microclimate modification effort for improving the growth of horensó; *Spinacia oleracea* L. *Global Journal of Environmental Science and Management (GJESM)*, 7(2), 185-196. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.02.03>
- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., Onishi, T., & Ito, K. (2017). Effects of plastic-hole mulching on effective rainfall and readily available soil moisture under soybean (*Glycine max*) cultivation. *Paddy and Water Environment*, 15(3), 659-668. <https://doi.org/10.1007/s10333-017-0585-z>
- Kebede, E., & Bekeko, Z. (2020). Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1769805>
- Lowery, B., Hickey, W. J., Arshad, M. A. C., & Lal, R. (1996). Soil water parameters and soil quality. En *Methods for Assessing Soil Quality*. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c8>
- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies : A Review. *Sustainability*, 1-21.
- Mendonça, S. R., Ribeiro Ávila, M. C., Gomes Vital, R., Evangelista, Z. R., Pontes, N. de C., & Nascimento, A. dos R. (2021). The effect of different mulching on tomato development and yield. *Scientia Horticulturae*, 275, 109657. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Mon, M. M., & Oue, H. (2022). Effects of mulches combination with different SWC on soil properties and soybean production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1059(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012040>
- Nunes Alves, H. K. M., da Rosa F. Jardim, A. M., de Souza, L. S. B., & da Silva, T. G. F. (2018). The application of agrometeorological techniques contributes to the agricultural resilience of forage cactus: A review. *Amazonian Journal of Plant Research*, 2(3), 207-220. <https://doi.org/10.26545/ajpr.2018.b00026x>
- Ortiz Enriquez, J. E., Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Félix Valencia, P., Padilla Valenzuela, I., & Marroquín morales, J. Á. (2022). La aplicación de bioestimulantes incrementa los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 371-376. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2846>
- Quezada-Quezada, N., Vega-Mora, W., Jaramillo-Aguilar, E., Barrezueta-Unda, S., & Luna-Romero, Á. (2023). Geotemperatura , flujo neto de calor del suelo y variables morfológicas del cultivo de soya (*Glycine max* L .) bajo condiciones de mulch plástico. *Manglar*, 20(1), 31-39.
- Ramadhan, M. N. (2021). Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 7152-7159.
- Romero Delgado, W. F., Jaramillo Aguilar, E. E., & Luna-Romero, Á. E. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*Capsicum annun* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistema*, 10(3), 134-142.
- Ruiz-Sánchez, M., Domínguez-Pérez, A., Muñoz-Hernández, Y., Rodríguez-Pérez, R., Díaz-López, G. S., Valle-Sánchez, M., & Rivera-Espinosa, R. (2021). Aplicación del biofertilizante EcoMic ® en semillero tecnificado para el trasplante mecanizado de arroz semilla. *Cultivos Tropicales*, 42(4).
- Silva, A., Ponce de León, J., García, F., & Durán, A. (1988). Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de investigación* N°10, 20.
- Souza da Silva, B. K., Vera Cruz da Silva, J. E., De Sousa Martins, M. M., Pereira de Souza, E., & Ferreira, L. E. (2021). Uso Do Mulching e seus efeitos no desenvolvimento de plantas de interesse econômico: uma revisão narrativa. *Agronegócio e Sustentabilidade: métodos, técnicas, inovação e gestão*, 68-77. <https://doi.org/10.37885/210906113>
- Steinhart, J. S., & Hart, S. R. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 15(4), 497-503. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0011-7471\(68\)90057-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0011-7471(68)90057-0)

# 04

Recibido: abril, 2024 Aceptado: junio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Efecto de *Lippia alba* en la bioquímica sanguínea de pollos Cobb 500

Effect of *Lippia alba* on the blood biochemistry of Cobb 500 chickens

María Alejandra Zapata Morales<sup>1</sup>

Email: [mariazapata-16@hotmail.com](mailto:mariazapata-16@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6451-521X>

Matilde Lorena Zapata Saavedra<sup>1</sup>

Email: [mlzapata@utmachala.edu.ec](mailto:mlzapata@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8046-4328>

Faviana Aimé Maza León<sup>1</sup>

Email: [fmaza2@utmachala.edu.ec](mailto:fmaza2@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3385-2619>

Angel Roberto Sánchez Quinche<sup>1</sup>

Email: [arsanchez@utmachala.edu.ec](mailto:arsanchez@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3582-1656>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

apata Morales, M. A., Zapata Saavedra, M. L., Maza León, F. A. y Sánchez Quinche, A. R. (2024). Efecto de *Lippia alba* en la bioquímica sanguínea de pollos Cobb 500. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 27-33. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La presente investigación se realizó en la Granja Santa Inés, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, Provincia El Oro, Ecuador. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de *L. alba* en el peso ante mortem, espesor de cuello y grasa abdominal, grasa de molleja y la bioquímica sanguínea de los pollos Cobb 500. Se aplicó el manejo, bioseguridad y bienestar de las aves para los sistemas de naves abiertas, empleando un diseño completamente al azar (DCA). Se utilizaron 200 pollos de ambos sexos evaluados, durante 41 días, distribuidos en 5 tratamientos, con 4 unidades experimentales de 10 pollos cada uno, en los siguientes tratamientos: grupo testigo o control (T1) sólo se administró agua pura, el T2, T3, T4 y T5 se administró 2 ml/L de agua de bebida de las infusiones al 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente. Se empleó el software estadístico *Statgraphics Centurion XVI*.<sup>®</sup>, aplicando un ANOVA para las variables previas supuestos de normalidad y homogeneidad y para establecer las diferencias estadísticas se usó el procedimiento de comparación múltiple de Bonferroni con un nivel de confianza del 95%. Los resultados muestran que existe un efecto en las variables espesor del cuello, grasa abdominal manifestando un incremento, según se utilice la infusión y colesterol y LDL tienden a disminuir conforme aumenta la concentración de la planta medicinal.

### Palabras clave:

Mastrante, Colesterol, Triglicéridos, VLDL, Proteínas Totales, HDL, LDL.

### Abstract

The present study was carried out at the Santa Inés Farm, of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Técnica de Machala, El Oro Province, Ecuador, and it had as objective to evaluate the effect of *Lippia alba* on the ante-mortem weight, neck thickness, abdominal fat, gizzard fat and blood biochemistry of Cobb 500 chickens. Bird management, biosecurity and welfare were applied for open house systems, using a completely randomized design (CRD). Two hundred mixed baby chickens were evaluated for 41 days and distributed in 5 treatments, with 4 experimental units of 10 chickens each: control (T1) only pure water was administered, T2, T3, T4 and T5 were administered 2 ml/L of drinking water from infusions of *L. alba* at 10%, 20%, 30% and 40%, respectively. For the statistical analysis the software *Statgraphics Centurion XVI* was used. After the assumptions of normality and homogeneity, an ANOVA test was applied to the variables previously mentioned, and in order to establish the statistical differences, the Bonferroni multiple comparison procedure was used with a confidence level of 95%. The results showed that there is an increase on the variables thickness of the neck and abdominal fat, depending on the use of the infusion, while cholesterol and LDL tend to decrease as the concentration of the medicinal plant increases.

### Keywords:

Cholesterol, Cholesterol, Triglycerides, VLDL, Total Proteins, HDL, LDL.

## Introducción

En la producción avícola, la alimentación juega un papel crucial para el crecimiento y desarrollo óptimos de los animales, así como para la obtención de productos seguros y nutracéuticos, con el uso inadecuado de antibióticos promotores de crecimiento para estimular el crecimiento y reducir la mortalidad en aves, se ha generado resistencia bacteriana, lo cual, en algunos países, ha llevado a prohibir su uso.

La evaluación de parámetros sanguíneos permite evaluar el estado fisiológico de las aves, crucial para monitorear la salud de las aves, diagnosticar enfermedades y comprender la respuesta a tratamientos, es así que, permite ajustar las dietas para mantener un sistema inmune alto y un sistema gastrointestinal saludable, optimizando así el rendimiento productivo de los pollos. Los análisis de hemograma y bioquímica sanguínea son herramientas valiosas para detectar alteraciones en células y metabolitos, respectivamente, proporcionando información sobre el estado de órganos como el hígado, músculos y riñones.

La búsqueda de alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento ha llevado al uso de plantas medicinales como los oreganoides, que poseen propiedades bactericidas, antifúngicas, antiinflamatorias y antioxidantes. Estas sustancias se están explorando como complementos alimenticios para mantener o mejorar la productividad sin recurrir a los antibióticos, adaptándose así a las nuevas regulaciones y demandas del mercado avícola.

La *Lippia Alba* como lo indican Madrid et al., (2018b), contienen aceites esenciales que pueden ser usados como promotores de crecimiento en la alimentación animal, ya que ayudan a mejorar la ingesta del alimento, sabor, la motilidad gástrica e intestinal, así como la estimulación inmune, actividad inflamatoria, antioxidante y la actividad antimicrobiana y coccidiostática. Villamizar y Aular (2022) mencionan que esta planta ocasiona variedad de efectos por su composición química como sedante anestésico, ansiolítico e insecticida.

La *L. alba* es conocida en Ecuador como mastrante es una especie nativa de las Américas, es ampliamente usada en la medicina natural, género *Lippia*, especie *L. alba* (Mill.) (Santos et al., 2023). Es un arbusto perenne que puede alcanzar hasta 2,50 m de altura, es bastante ramificada posee ramas de crecimiento determinado, sus hojas son oblongas, pubescentes tienen un color verde 5GY3/4 en la cara adaxial y color oliva 5GY4/ en la cara abaxial (Sanchez et al., 2016). Su raíz contiene felinpropanoides, terpenoides y azúcares (Acero et al., 2019).

Es un arbusto ampliamente cultivado y comercializado en países de América Latina, la esencia se encuentra ubicada en las células de la epidermis, específicamente en las glándulas secretoras conocidas como tricomas glandulares, sus miembros tienen formas diferentes con un ápice agudo, los componentes químicos esenciales de la *L. alba* son los terpenoides y fenilpropanoides (Linde et al., 2016).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de *L. alba* en el peso ante mortem, espesor de cuello y grasa abdominal, grasa de molleja y la bioquímica sanguínea de los pollos Cobb 500.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Granja Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5 ½ vía Machala – Pasaje, Cantón Machala de la Provincia de El Oro, región costera del Ecuador, longitud noreste: 79° 54' 05", latitud sur: 3°17'16", altitud de 5 msnm, a una temperatura ambiente que oscila entre 22 a 35°C.

### Manejo sanitario y grupo de animales

Para el óptimo desarrollo del experimento, se adoptaron todas las medidas de bioseguridad perteneciente a la Guía General de Carácter Voluntario, referente a la Adopción y Certificación de Buenas Prácticas Avícolas (BPA), Agrocalidad-Ecuador para poder brindar a las aves las condiciones adecuadas de manejo y bienestar. Previo a la recepción de los pollitos bebés, se procedió a realizar una desinfección de la nave con formaldehído (20cc del producto/L de agua); para controlar las corrientes de aire y la ventilación, se emplearon cortinas plásticas internas y externas. Cada jaula o Unidad Experimental (UE) tenía su respectivo bebedero y comedero y además fue caleado el piso y las paredes; como yacija se utilizó viruta de madera gruesa. Como fuente de calor una calentadora y adicional por jaula se instalaron focos amarillos de 100 wats que a su vez permitían dar luminosidad. El programa lumínico fue de 24 horas luz los primeros 7 días y de allí en adelante se restringía 1 hora por día hasta quedarnos con 6 horas de luz artificial.

**Fig. 1.** Distribución de las jaulas dentro de la nave.



**Fuente:** Elaboración propia

Se emplearon 200 pollos broilers pertenecientes a la línea Cobb 500, los cuales fueron distribuidos al azar, en 5 tratamientos, de 4 UE que contenían 10 pollos, con un total de 40 pollos por tratamiento. Los 3 primeros días se cubrió la yacija con papel periódico y se le administró vitaminas y electrolitos en el agua de bebida. Se utilizó alimento comercial libre de APC y coccidiostatos, además de instaurar un programa básico vacunal para prevenir la

aparición de las enfermedades de Newcastle y Gumboro, el ensayo tuvo una duración de 41 días.

Las hojas de la *L. alba* fueron cosechadas en el área de propagación de plantas medicinales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, pesadas para preparar la infusión siguiendo la metodología descrita por Chiriboga et al. (2016), cuya eficiencia podría aprovecharse por 3 días.

**Fig.2.** Distribución de las aves y equipos en la UE



**Fuente:** Elaboración propia

### Variables a evaluar

Las variables fueron de tipo cuantitativas, para los datos de peso se empleó una balanza electrónica (CAMRY modelo EK9332-F302), con un margen de error de  $\pm 1g$ , para las de medición se usó del calibrador pie de rey digital 0 -150 mm (Marca TACTIX). Las variables obtenidas en la bioquímica sanguínea se expresaron en mg/dl, con excepción de proteínas totales, las cuales se muestran en g/dl

### Peso ante mortem

Los datos fueron registrados desde el momento del recibimiento de las aves y de allí en adelante semanalmente, hasta el día 41 donde se procedió al sacrificio de los animales, se expresó en gramos.

### Espesor de cuello

Estos datos se obtuvieron al aplicar una ligera presión sobre la piel del cuello del pollo con el calibrador, se expresó en milímetros.

### Grasa de molleja

La grasa que cubre a la molleja es retirada con cuidado y registrado su peso para luego ser llevada a una gramera y registrar el resultado en gramos, para luego ser transformado a dato de porcentaje.

### Espesor de grasa abdominal

Para medir el espesor de grasa abdominal, se aplicó directamente con presión moderada el calibrador en la

grasa del abdomen del pollo faenado, los datos fueron registrados en milímetros.

### Bioquímica Sanguínea

**Tabla 1.** Índices bioquímicos en suero sanguíneo de pollos broiler.

Parámetros	Edad de las Aves (días)		
	14	21	42
Colesterol total mg/dl	74.41 $\pm$ 10.99	80.00 $\pm$ 08.65	66.85 $\pm$ 12.79
Triglicéridos mg/dl	24.14 $\pm$ 05.77	14.23 $\pm$ 02.88	14.95 $\pm$ 01.26
VLDL mg/dl	10.99 $\pm$ 02.70	06.49 $\pm$ 01.26	06.85 $\pm$ 00.54
Proteína total g/dl	03.30 $\pm$ 00,37	03.88 $\pm$ 00.29	04.78 $\pm$ 00.19
HDL mg/dl	31.35 $\pm$ 04.14	32.43 $\pm$ 03.24	25.22 $\pm$ 02.34
LDL mg/dl	32.07 $\pm$ 09.37	41.08 $\pm$ 06.85	34.77 $\pm$ 11.71

Fuente: Tabla adaptada del artículo de Piotrowska et al. (2011)

### Colesterol total

Para la obtención de este dato, se centrifugó la muestra a 3500 rpm durante 10 minutos, posterior a esto, se colocó 10 ul de suero sanguíneo y 1000 ul de reactivo colesterol en cada tubo, se ubican en una gradilla y se llevan a incubación durante 5 minutos a 37°C., la lectura se la realiza a través del espectrofotómetro a 540 nm. (Túnez & Galván, 2018).

### Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)

Estos resultados son imprecisos cuando los valores de triglicéridos superan 400 mg/dl. Osorio et al. (2012) indican que la variable se lo calcula con la ecuación 1:

$$VLDL = \text{Valor de triglicéridos} / 5 \quad (1)$$

### Lipoproteínas de alta densidad (HDL)

Las muestras rotuladas se llevaron a centrifugar por 10 minutos a 3500 rpm, se tomó 200 ul de suero sanguíneo y se agregó 500 ul de reactivo colesterol total, agitando vigorosamente, se espera por 10 minutos hasta obtener un precipitado, repitiendo el procedimiento de centrifugación durante 10 minutos a 4000 rpm, tomando 100 ul de sobrenadante en un tubo, se deja reposar por un lapso de 60 minutos, luego se agrega 1 ml del reactivo colesterol total y se incuba a baño maría por 5 minutos, luego se lo retira y se deja reposar al ambiente por 5 minutos y se procede a leer el resultado con el espectrofotómetro a 540 nm (Osorio & Floréz, 2014).

### Lipoproteínas de baja densidad (LDL)

Se obtiene a través de la fórmula de Friedewald. (Saldaña et al., 2017), con la ecuación 2:

$$LDL = \text{Colesterol total} \times (VLDL - HDL) \quad (2)$$

### Triglicéridos

Se toman 10 ul de suero 1 ml de reactivo enzimático, se agita la mezcla para ser llevados a incubación por 15 minutos a temperatura ambiente, mediante el espectrofotómetro se realiza la cuantificación de la quinonaimina la cual es proporcional a la concentración de los triglicéridos (Osorio & Floréz, 2018).

### Proteínas totales.

Se rotula las muestras mientras se mantiene el reactivo de las proteínas totales a temperatura ambiente, se lleva a centrifuga por un lapso de 10 minutos, se coloca en la gradilla, se procede a tomar 20 ul de suero sanguíneo y se agrega 1000 ul de reactivo de proteínas totales manteniéndolo a temperatura ambiente durante 15 minutos, posteriormente se da lectura del resultado con el espectrofotómetro a 540 nm (Díaz et al., 2014).

### Recolección de datos y análisis de las muestras

Para evaluar el efecto obtenido de la infusión de *L. alba*, a los 41 días de edad, se eligieron 5 pollos al azar por UE, 20 por tratamiento, para un total de 100 animales muestreados, fueron sometidos a un ayuno de 6 horas. En los tubos de tapa roja, se recolectó 9 ml de sangre que se extrajo de la yugular previo descarte de los primeros chorros, se empaquetaron e identificaron para ser llevados al laboratorio para los respectivos análisis. Para la obtención del plasma sanguíneo, la sangre se sometió a centrifugación de 4000 rpm durante 5 minutos (Centrifuge Gemmy PLC-03 (8 lubang), made in Taiwan), los analitos de colesterol, triglicéridos, proteínas y HDL se los determinaron con pruebas enzimáticas colorimétricas (Human, Cholesterol-liquicolor, LOT 0125; RGT 100 ml. Human, Total Protein-liquicolor, LOT 0057; RGT 100 ml. Human, Tryglycerides- liquicolor mono, LOT 0099; RGT 100ml. Human, HDL - liquicolor LOT 0087 ; RGT 80ml) , el análisis se hizo empleando un espectrofotómetro (SINNOWA-MOD BS 3000M) mientras que los analitos LDL y VLDL se obtuvieron mediante la fórmula de Friedewald.

**Fig. 3.** Muestras de sangre identificadas.



Fuente: Elaboración propia

**Fig.4.** Espectrofotómetro modelo SINNOWA-MOD BS 3000M



Fuente: Elaboración propia

### Diseño experimental

Para la presente investigación se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 5 tratamientos "T", cada uno con 4 "UE" y que contenían 10 pollos "p" para un total de 200 aves en el experimento. Los tratamientos fueron: grupo testigo o control (T1) sólo se administró agua pura, el T2, T3, T4 Y T5 se administró 2 ml/L de agua de bebida de las infusiones al 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente.

### Análisis estadístico

Se aplicó para evaluar las variables de estudio un ANOVA, previo a los supuestos de normalidad y homogeneidad. El método utilizado para discriminar entre las medias fue el procedimiento de comparación múltiple de Bonferroni, para establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95%. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico *Statgraphics Centurion XVI*.

## Resultados y discusión

### *Peso ante mortem, espesor de cuello, grasa abdominal, grasa de molleja*

Como se puede observar en la Tabla 2, no existe una diferencia estadística significativa en el peso ante mortem y la grasa de la molleja, al comparar los tratamientos con el control, aunque se puede observar diferencias en la medición del cuello, de tal manera que el tratamiento 3 ( $05.46 \pm 00.33$ ) y 4 ( $05.53 \pm 00.33$ ), presentan los valores más altos; mientras que al observar la grasa abdominal el tratamiento 2 ( $04.14 \pm 00.57$ ), 3 ( $04.81 \pm 00.57$ ) y 4 ( $04.63 \pm 00.57$ ) presentan el mayor espesor, estos resultados son similares a los encontrados por Sanchez et al. (2019) Quienes en su experimento "Effect of *Mentha spicata* L. infusión on the productive performance and organoleptic characteristics of Cobb 500 broilers", usando otra planta medicinal con características similares a las del presente estudio, no encontraron diferencia significativa en el peso ante mortem, no obstante espesor de la grasa abdominal si la hubo, con respecto a las variables espesor de cuello y grasa de molleja no encontramos referencias para realizar la presente discusión.

**Tabla 2.** Promedio de las variables con sus intervalos de confianza y sus respectivas mediciones.

TRAT	Peso Ante Mortem (g)	Espesor de Cuello (mm)	Grasa Abdominal (mm)	Grasa de Molleja (%)
1	2628.95 ± 129.58 <sup>a</sup>	4.62 ± 0.34 <sup>a</sup>	2.93 ± 0.57 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.09 <sup>a</sup>
2	2685.00 ± 126.29 <sup>a</sup>	4.67 ± 0.33 <sup>a</sup>	4.14 ± 0.57 <sup>bc</sup>	0.46 ± 0.09 <sup>a</sup>
3	2706.54 ± 127.90 <sup>a</sup>	5.46 ± 0.33 <sup>b</sup>	4.81 ± 0.57 <sup>bc</sup>	0.56 ± 0.09 <sup>a</sup>
4	2584.18 ± 127.90 <sup>a</sup>	5.53 ± 0.33 <sup>b</sup>	4.63 ± 0.57 <sup>bc</sup>	0.48 ± 0.09 <sup>a</sup>
5	2647.46 ± 127.90 <sup>a</sup>	4.98 ± 0.33 <sup>ab</sup>	3.55 ± 0.57 <sup>ab</sup>	0.47 ± 0.09 <sup>a</sup>

**TRAT:** tratamientos T1 testigo, T2, T3, T4 y T5 infusiones al 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente. <sup>abc:</sup> es la representación de las diferencias estadísticas (P <0,05) encontradas al comparar con el testigo (T1).

### Colesterol, triglicéridos, VLDL.

En la tabla 3 se muestra que las variables triglicéridos y VLDL no presentan una diferencia estadística significativa, pero al analizar colesterol nos encontramos que todos los tratamientos difieren del control, estos resultados son parcialmente similares a los encontrados por Madrid et al., (2018a) quienes en su experimento “Efecto de la inclusión de aceite esencial de orégano (*L. origanoides*) sobre el perfil lipídico en carne de pollo de engorde”, con otra planta medicinal, que posee propiedades similares a la del presente estudio, sobre metabolitos sanguíneos en pollos de engorde, se encontraron diferencias significativas en los valores de colesterol mientras que en este estudio si encontraron diferencias en los valores de VLDL, asumiendo que esto se debía a las dosis crecientes de infusión de aceites esenciales de orégano. En distintos trabajos donde se evaluó la bioquímica sanguínea de las aves se determinó que el tipo de dieta afecta las concentraciones de colesterol (Daryl & Osorio, 2013). Los resultados obtenidos en la presente investigación (41 días de la toma de la muestra) superan a los datos de la tabla reportados por Piotrowska et al. (2011) en el día 42, esto lo explica Samour (2010), que podría deberse a un hipercolesterolemia, dietas ricas en grasas, aterosclerosis, hipotiroidismo en el caso del colesterol y en los triglicéridos por enfermedades metabólicas secundarias que afectan al hígado tales como diabetes mellitus, hipertiroidismo, hiperadrenocorticismos y desnutrición de aves obesas.

**Tabla 3.** Promedio de las variables obtenidas con la bioquímica sanguínea con sus intervalos de confianza expresados en mg/dl.

TRAT	Colesterol	Triglicéridos	VLDL
1	150.00 ± 9.84 <sup>a</sup>	68.80 ± 9.64 <sup>a</sup>	13.76 ± 1.93 <sup>a</sup>
2	112.50 ± 9.84 <sup>b</sup>	52.20 ± 9.64 <sup>a</sup>	10.44 ± 1.93 <sup>a</sup>
3	129.10 ± 9.84 <sup>b</sup>	59.45 ± 9.64 <sup>a</sup>	11.89 ± 1.93 <sup>a</sup>
4	118.35 ± 9.84 <sup>b</sup>	63.70 ± 9.64 <sup>a</sup>	12.74 ± 1.93 <sup>a</sup>
5	112.00 ± 9.84 <sup>b</sup>	58.00 ± 9.64 <sup>a</sup>	11.60 ± 1.93 <sup>a</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

### Proteínas Totales, HDL, LDL

Como se puede apreciar en la tabla 4, existe una diferencia estadística significativa en proteínas totales de tal manera que el tratamiento 4 (4,28 ± 0,60) presenta el dato más bajo comparado con el tratamiento control, al contrastar los datos obtenidos en HDL nos encontramos que todos los tratamientos difieren del T1 (30.95 ± 02,04) y por último en LDL el tratamiento 2 (79.06 ± 07.98), 4 (81.66 ± 07.98) y 5 (77.75 ± 07.98) presentan los datos más bajos al relacionarlo con el testigo, si comparamos estos resultados en otros experimentos con plantas medicinales que poseen propiedades parecidas a *L. alba*, difieren a los encontrados por Popović et al. (2018), quienes en su experimento “Influencia de las mezclas de plantas medicinales (*Artemisia absinthium*, *Thymus vulgaris*, *Menthae piperitae* y *Thymus serpyllum*) en la nutrición de pollos de engorde sobre el estado bioquímico de la sangre”, mostró una tendencia al aumento en la concentración de HDL y LDL de los tratamientos en comparación con el tratamiento de control. También difieren de los hallazgos de Khursheed et al. (2017) quienes en su experimento “Efecto de las hojas de menta con o sin suplemento enzimático sobre Bioquímica sanguínea, características de la canal y atributos sensoriales de los pollos de engorde” no encontraron diferencia significativa en los niveles de proteína total. Daryl & Osorio (2013) manifiestan que el tipo de dieta influye de manera directa en las concentraciones de HDL.

Basados en los datos que manifiesta Piotrowska et al. (2011), las proteínas totales se encuentran dentro del rango del día 42, aunque algunos datos del tratamiento control se registran fuera del mismo según los resultados del intervalo de confianza que muestra el experimento, los resultados de HDL de los tratamientos 2,3,4 y 5 se encuentran dentro de los rangos que muestra el autor sin embargo el tratamiento 1, está por encima de esos valores, y por último los valores de LDL se encuentran por encima de los reportados por el investigador, Samour (2010) explica que las proteínas totales pueden aumentar cuando existen trastornos linfoproliferativos, deshidratación, infecciones crónicas y en hembras previo a la postura que se considera normal.

**Tabla 4.** Promedio de las variables obtenidas con la bioquímica sanguínea con sus intervalos de confianza.

TRAT	Proteínas Totales (g/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)
1	5.54 ± 0.60 <sup>a</sup>	30.95 ± 2.04 <sup>a</sup>	105.29 ± 7.98 <sup>a</sup>
2	4.86 ± 0.60 <sup>ab</sup>	23.00 ± 2.04 <sup>b</sup>	79.06 ± 7.98 <sup>b</sup>
3	4.53 ± 0.60 <sup>ab</sup>	26.25 ± 2.04 <sup>b</sup>	90.96 ± 7.98 <sup>ab</sup>
4	4.28 ± 0.60 <sup>b</sup>	23.95 ± 2.04 <sup>b</sup>	81.66 ± 7.98 <sup>b</sup>
5	4.89 ± 0.60 <sup>ab</sup>	22.65 ± 2.04 <sup>b</sup>	77.75 ± 7.98 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

No se observó un efecto en las variables peso ante mortem, grasa de la molleja, triglicéridos y VLDL, aunque estas dos últimas, estén por encima de un rango normal, posiblemente por la dieta administrada, que es rica en grasas.

Hay un efecto en el espesor del cuello y grasa abdominal, de tal manera, que estaría relacionado con un incremento, según se utilice la infusión.

Existe un efecto en colesterol y LDL a pesar de que los valores estén por encima de un rango normal, asumiendo que disminuye según aumente la concentración de la planta medicinal.

Y finalmente, las proteínas totales y HDL en los tratamientos que recibieron *L. alba* muestran rangos normales.

## Agradecimientos

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por brindar los espacios para la experimentación.

## Referencias Bibliográficas

- Acero-Godoy, Jovanna, Guzmán-Hernández, Tomas, & Muñoz-Ruiz, Carlos. (2019). Documentary review of essential oils obtained from *Lippia alba* (Verbenaceae) as microbial and antifungal therapeutic alternative. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(1), 3-11. <https://dx.doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4114>
- Chiriboga Chuchuca, C., Sánchez Quinche, Á. R., Vargas González, O. N., Hurtado Flores, L. S., Quevedo Guerrero, J. N. (2016). Uso de Infusión de oreganón *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng y del vinagre en la crianza de pollos "Acriollados" (*Gallus gallus domesticus*) mejorados. *Acta Agronómica*, 65(3), 298-303. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.46222>

Darly Flórez, Jancy, & Osorio, José Henry. (2013). Perfil metabólico de aves comerciales mediante métodos directos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24(2), 162-167. Recuperado en 20 de mayo de 2022, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172013000200004&lng=es&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172013000200004&lng=es&lng=es).

Díaz López, E. A., Uribe Velásquez, L. F., & Narváez Solarte, W. (2014). Bioquímica sanguínea y concentración plasmática de corticosterona en pollo de engorde bajo estrés calórico. *Revista de Medicina Veterinaria*, (28), 31-42. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-93542014000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542014000200004)

Khursheed, A., Banday, M. T., Khan, A. A., Adil, S., Ganai, A. M., Sheikh, I. U., & Sofi, A. H. (2017). Effect of mint leaves with or without enzyme supplementation on blood biochemistry, carcass characteristics and sensory attributes of broiler chicken. *Adv. Anim. Vet. Sci*, 5(11), 449-455. Doi <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2017/5.11.449.455>

Linde, G. A., Colauto, N. B., Albertó, E., & Gazim, Z. C. (2016). Quimiotipos, extracción, composición y aplicaciones del aceite esencial de *Lippia alba*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 18, 191-200. doi:[https://doi.org/10.1590/1983-084X/15\\_037](https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_037)

Madrid-Garcés, T. A., López-Herrera, A., & Parra-Suescún, J. E. (2018a). Efecto de la inclusión de aceite esencial de orégano (*Lippia organoides*) sobre perfil lipídico en carne de pollos de engorde. *Vitae*, 25(2), 75-82. doi:<http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n2a03>

Madrid Garcés, T. A., López Herrera, A., & Parra Suescún, J. E. (2018b). Efecto del aceite esencial de orégano (*Lippia organoides*) sobre metabolitos sanguíneos en pollos de engorde. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(37), 25-33. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.vol1.iss37.3> **Querales**

Osorio, J. H., & Flores, J. D. (2018). Comparación de lípidos sanguíneos entre pollos de engorde y gallinas ponedoras. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(1), 27-35. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n1.72021>

Osorio, J. H., & Flórez, J. D. (2014). Comparación del método directo y precipitado, para la determinación de los niveles de colesterol HDL, en gallinas ponedoras. *Luna Azul*, (38), 122-131. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742014000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742014000100007)



- Osorio, J. H., Flórez-Ochoa, J. D., & Uribe-Velásquez, L. F. (2012). Comparación del perfil lipídico en dos líneas de pollos de engorde. *Revista Científica*, 22(6), 553-559. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95925106009>
- Piotrowska, A., Burlikowska, K., & Szymeczko, R. (2011). Changes in blood chemistry in broiler chickens during the fattening period. *Folia Biologica (Krakow)*, 59(3-4), 183-187. doi: [https://doi.org/10.3409/fb59\\_3-4.183-187](https://doi.org/10.3409/fb59_3-4.183-187)
- Popović, S., Kostadinović, L., Đuragić, O., Acimović, M., Čabarkapa, I., Puvača, N., & Pelić, D. L. (2018). Influence of medicinal plants mixtures (*Artemisia absinthium*, *Thymus vulgaris*, *Menthae piperitae* and *Thymus serpyllum*) in broilers nutrition on biochemical blood status. *Journal of Agronomy*, 25. [http://www.fimek.edu.rs/downloads/casopisi/jatem/issue/v1/13-\(13\)\\_Popovic\\_et\\_al.,\\_2018.\\_Vol.\\_1\(1\),\\_91-98.pdf](http://www.fimek.edu.rs/downloads/casopisi/jatem/issue/v1/13-(13)_Popovic_et_al.,_2018._Vol._1(1),_91-98.pdf)
- Saldaña Orejón, I. M., Benites Ricra, M. A., & Chipana Huallpa, J. A. (2017, January). Derivación y validación de una ecuación para estimar el colesterol ligado a lipoproteínas de baja densidad en una población de Lima, Perú. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 78, No. 1, pp. 41-48). UNMSM. Facultad de Medicina. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v78i1.13020>
- Samour, J. (2010). *Medicina Aviaria* (Segunda ed.). Barcelona, España: ELSEVIER.
- Sánchez-Quinche, A., Ávila Rivas, S. D., Hurtado Flores, L. S., Aguilar Gálvez, L. F., Vargas González, O. N., Zapata Saavedra, M. L. & Pérez Baena, I. (2016). Effect of *Cymbopogon Citratus* (DC.) Stapf., *Plectra Thus Amboinicus* (Lour.), *Tilia Cordata* (Mill.), *Lippia Alba* (Mill.) and *Ocimum Bacilicum* (L.), To Control *Escherichia coli* in Broiler Chickens. *American International Journal of Contemporary Research*, 6(5), 158-165. <http://hdl.handle.net/10251/95424>
- Sánchez Quinche, A. R., Solórzano Saldarriaga, J. C., Quevedo Guerrero, J. N., Paladines Romero, J. R., & Pérez Baena, I. (2019). Effect of *Mentha spicata* L. Infusión on the productive performance and organoleptic characteristics of Cobb 500 broilers. *Acta Agronómica*, 68(4), 312-318. doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.72174>
- Santos, MEAHP, Rodrigues, MS, Siqueira, WJ, Marques, MOM y Mondego, JMC (2023). El análisis comparativo indica un protocolo simple para la extracción de ADN de la planta aromática *Lippia alba*. *Bioquímica Analítica*, 115225. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2023.115225>
- Túnez, I., & Galván, A. (2018). *Perfil lipídico*. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Obtenido de <https://docplayer.es/255023-25-perfil-lipidico-isaac-tunez-fina-na-1-aurora-galvan-cejudo-2-resumen.html>.
- Villamizar-Véliz, M., & Aular, Y. (2022). Métodos de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*. *Revista Ingeniería UC*, 29(1), 3-14. <https://doi.org/10.54139/revinguc.v29i1.90>

# 05

Recibido: mayo, 2024 Aceptado: julio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Orégano común, aditivo en la alimentación sostenible del pollo de ceba

Common oregano, sustainable additive in broiler chicken feed

Jaine Labrada Ching <sup>1\*</sup>

E-mail: [ua.jainelc87@uniandes.edu.ec](mailto:ua.jainelc87@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0577-9860>

Pamela Alejandra Paredes Carvajal<sup>1</sup>

E-mail: [ua.docentepapc@uniandes.edu.ec](mailto:ua.docentepapc@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4100-5034>

Zoila Beatriz Toinga Palate<sup>1</sup>

E-mail: [zoilatp16@uniandes.edu.ec](mailto:zoilatp16@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0415-2998>

<sup>1</sup>Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador.

\* Autor para correspondencia

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Labrada Ching, J., Paredes Carvajal, P. A. y Toinga Palate, Z. B. (2024). Orégano común, aditivo en la alimentación sostenible del pollo de ceba. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 34-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

### Resumen

La producción de aves con destino a la alimentación, en los países en desarrollo se ve limitada por el acceso a las tecnologías, altos costos de producción o importación de los insumos e insuficientes estudios sobre oportunidades para el empleo de recursos de producción local. El presente estudio refiere el empleo del orégano común como aditivo sostenible en la alimentación de pollos de engorde. El objetivo de la investigación fue determinar la factibilidad del empleo de orégano en polvo como aditivo a la dieta basada en el pienso comercial en pollos boiler. Se empleó metodología experimental, un diseño aleatorio, con 45 aves de las cuales fueron divididos en 3 grupos con 15 aves cada uno de acuerdo al porcentaje de adición de orégano: el tratamiento 1 correspondió al grupo testigo sin empleo de orégano en la dieta, tratamiento 2 con 2% de orégano y tratamiento 3 con 3% de orégano. Del experimento realizado se obtuvieron los siguientes resultados; en el largo y ancho de las vellosidades intestinales con orégano al 3% promediaron 1056.33  $\mu\text{m}$  y 188  $\mu\text{m}$  respectivamente. Se observó mayor aprovechamiento de la dieta, no se requirió el empleo de antibióticos para garantizar la salud de los pollos o para promover su crecimiento. Concluyendo que el orégano promueve el desarrollo de las vellosidades intestinales, se aprovecha mejor la dieta y puede sustituir los antibióticos en pollos de ceba con menor costo y mínimo impacto ambiental.

### Palabras clave:

Aditivos Nutricionales, Alimentación Sostenible, Promotores del crecimiento

### Abstract

The production of poultry for food in developing countries is limited by access to technologies, high production costs or importation of inputs, and insufficient studies on opportunities for the use of local production resources. This study focuses on the use of common oregano as a sustainable additive in the feeding of broiler chickens. The objective of the research was to determine the feasibility of using powdered oregano as an additive to the diet based on commercial feed in broiler chickens. Experimental methodology was employed, using a randomized design with 45 birds divided into 3 groups of 15 birds each according to the percentage of oregano addition: treatment 1 corresponded to the control group without the use of oregano in the diet, treatment 2 with 2% oregano, and treatment 3 with 3% oregano. The experiment yielded the following results: in the length and width of the intestinal villi with 3% oregano, they averaged 1056.33  $\mu\text{m}$  and 188  $\mu\text{m}$ , respectively. Greater utilization of the diet was observed, and the use of antibiotics was not required to ensure the health or promote the growth of the chickens. In conclusion, oregano promotes the development of intestinal villi, improves diet utilization, and can substitute antibiotics in broiler chickens with lower cost and minimal environmental impact.

### Keywords:

Nutritional additives, sustainable feeding, growth promoters

## Introducción

Las regulaciones actuales En Europa solo permiten administrar antibióticos a animales enfermos, siendo ilegal usar antibióticos para compensar las prácticas de bajo bienestar. El uso excesivo de antibióticos está provocando hasta 3500 muertes humanas a nivel mundial por infecciones resistentes a los antimicrobianos diariamente. (World Animal Protection, 2022)

Se han desarrollado diversas alternativas a los antibióticos, entre las que se halla el uso de prebióticos, ácidos orgánicos y aditivos fitogénicos, como vías para mejorar la salud y el comportamiento de los animales, además de evitar los residuos de estos fármacos en la carne y la resistencia bacteriana (Tasayco, 2020). Entre las alternativas fitogénicas que se han adoptado se encuentra la utilización del orégano. En él se destacan poderosas acciones digestivas, bacteriostáticas y antioxidativas que se han demostrado en diversos estudios. (Martínez & Ponce de León, 2023)

De acuerdo a al último censo avícola realizado en Ecuador el consumo de carne de pollo ha tenido un notable crecimiento en a nivel nacional, en los años noventa se estimó en 7 kg/persona/año, en el 2012 pasó a 32 Kg/persona/año lo que equivale a un crecimiento del 357 % en 22 años (Cátedralatam, 2023). En el año 2023 se produjeron en el Ecuador 549 mil toneladas de carne de pollo a partir de la cría de 291,8 millones de pollos de engorde, lo que quiere decir que en promedio un ecuatoriano consume 30,8 kg de pollo al año. (Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador, 2023)

La salud intestinal en aves, es un área compleja que combina nutrición, microbiología, inmunología y fisiología con el propósito de encontrar un equilibrio dinámico entre el intestino, el contenido luminal (microbiota y alimento) y las características estructurales (vellosidades) y funcionales de la mucosa. Al presentarse un desequilibrio entre dichos componentes intestinales, se compromete la digestión y la absorción de nutrientes, poniendo en riesgo el desempeño productivo y el bienestar del ave. (Mencia, 2023)

El mantenimiento de un armónico funcionamiento intestinal es un reto importante en la producción avícola actual, esto sumado a las necesidades alimenticias y a la búsqueda del mejor desempeño productivo, precisa la importancia de mantener una buena salud intestinal en pollo de engorde. Los antibióticos promotores de crecimiento son compuestos comúnmente utilizados para mantener equilibrada la microflora intestinal, gracias a su efecto antimicrobiano sobre la microflora patógena, garantiza así una adecuada integridad de la membrana y un óptimo desarrollo de vellosidades; sin embargo, en los últimos años se ha restringido mucho su uso en la alimentación animal. (BM Editores, 2021)

Ante esta coyuntura los extractos naturales, han despertado un interés notable en nutrición humana y animal; sus mecanismos de acción son muy variados sobresaliendo

su acción antibacteriana sobre microorganismos intestinales, promoción en la absorción intestinal de nutrientes y vitaminas, estimulación del sistema inmunitario de las aves. Dentro de este grupo tenemos al orégano con sus variados componentes flavonoides, compuestos terpenicos, derivados del fenilpropano y ácidos coumérico; el orégano es rico en timol y el carvacrol elementos antimicrobianos que mejoran la absorción alimenticia a través del crecimiento de vellosidades intestinales y mejorando la microflora intestinal con el incremento de bacterias saprofitas a nivel de las vellosidades intestinales. (Carhuallanqui et. al, 2020)

El presente trabajo evalúa el efecto del orégano sobre el desarrollo de las vellosidades intestinales en pollos de engorde, considerando su potencial influencia sobre la salud de las aves promoviendo sustitutos de los antibióticos promotores del crecimiento.

## Materiales y Métodos

Esta investigación es de tipo experimental, en ella se destacan las características o rasgos de la situación, fenómeno u objeto de estudio. Se basa en valoraciones cuantitativas con la medición de uno o más variables experimentales y sus propiedades (Vizcaino Zúñiga et. al., 2023) y se manipula la variable independiente la cual es el orégano en polvo en distintas dosis acordes al grupo experimental siendo al 2 y 3 % por la cantidad de alimento para los pollos en función de su edad, manteniendo un control para poder ver sus efectos sobre sus variables dependientes en este caso el ancho de vellosidades, largo de vellosidades y profundidad de cripta.

Para ello se realizó un agrupamiento de sujetos en grupos equivalentes. Mediante este método se realizó la recolección de datos a través de la observación y manipulación de registros. El método más habitual es el muestreo aleatorio (Vizcaino Zúñiga et. al., 2023). Mediante la observación se registraron fenómenos en el transcurso de la investigación como es la identificación del consumo de alimentos, ganancia de peso y talla, muertes, así como del desarrollo de las vellosidades intestinales que presentó cada uno de los tratamientos aplicados en la investigación para la comprobación de hipótesis.

En la presente investigación se utilizó la técnica de fichaje ya que permite la recolección de información mediante la investigación, consiste en la adquisición de datos acerca del ancho, largo y profundidad de cripta de las vellosidades intestinales durante la investigación para la cual se elaboró registros en donde se apuntó todos los resultados obtenidos del laboratorio.

Se utilizó en este ensayo el diseño completamente al azar que consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales homogéneas: animales de la misma edad, del mismo peso con el fin de disminuir la magnitud del error experimental ocasionado por la variación intrínseca de las unidades experimentales.

El diseño no impuso ninguna restricción en cuanto a las unidades experimentales, estas fueron homogéneas y se trabajó en tres distintos grupos de animales, los tratamientos fueron: T1 testigos, T2 con orégano al 2% y el T3 con orégano al 3%. Para ello se adquirieron 45 pollos Broiler de un día de edad donde cada ave constituyó una unidad experimental. Se utilizó 3 tratamientos previamente identificados con 15 unidades experimentales por tratamiento.

Para el desarrollo del experimento se adquirió el orégano en polvo, que después fue mezclado en el pienso balanceado de las aves. El orégano fue administrado en dos niveles al 2 y 3% en la alimentación diaria de los pollos, una vez al día por las mañanas en el alimento balanceado de nombre comercial BIOalimentar.

En el manejo y crianza de los pollos se dividieron los mismos en fases: Fase de inicio de 1 a 14 días de edad y en el día 7 se realizó la selección de 5 pollos por tratamiento aleatoriamente, 15 pollos que se pesaron, se midió su tamaño, en total los cuales fueron sacrificados para tomar muestras del tejido intestinal (yeyuno). La fase de crecimiento fue la segunda desde los 16 a 28 días de edad con el sacrificio de 5 aves por tratamiento con el mismo fin a los 22 días de edad. Fase de engorde desde los 29 a los 49 días de edad y la selección a los 42 días de 5 pollos que quedaban por cada tratamiento para el sacrificio y toma de muestras del tejido y contenido intestinal (yeyuno).

La alimentación de las aves en estudio se proporcionó una vez al día utilizando pienso balanceado comercial BIOalimentar, para pollos de acuerdo a la tabla de requerimientos nutricionales. Al grupo testigo T1 se le brindó alimento balanceado y agua, al tratamiento T2 se le brindó una cantidad de balanceado de acuerdo a sus necesidades diarias con la adición del 2% de orégano y agua y al tratamiento T3 se le brindó una cantidad de pienso balanceado de acuerdo a sus necesidades diarias con la adición del 3% de orégano y agua.

**Tabla 1:** Contenido nutricional del pienso balanceado BIOalimentar

Descripción	Inicio	Crecimiento	Engorde
Proteína cruda (mín.)	21%	19%	18%
Grasa (mín.)	5%	4%	4%
Fibra Cruda (máx.)	5%	4%	4%
Cenizas (máx.)	7%	7%	7%
Humedad (máx.)	12%	13%	13%

Fuente: (BIOmentos, 2022)

La toma de muestras para el estudio histológico se llevó a cabo con el sacrificio de 5 aves por tratamiento a los 7, 22 y 42 días de edad, dando un total de 15 aves por tratamiento, se realizó mediante degollamiento respectivamente; estas aves fueron tomadas de las unidades experimentales de forma aleatoria.

El motivo por el cual se escogió los 7 días de edad de las aves para evaluar el comportamiento de las vellosidades, a los 21 días de edad de las aves debido a su desarrollo

de vellosidades intestinales estables; de igual forma se realizó la tercera evaluación a los 42 días de edad de las aves, debido a que empiezan el ciclo productivo del pollo de engorde, las cuales corresponden en este tiempo. Las muestras obtenidas para el estudio histológico fueron procesadas en el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador y analizadas en el laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria.

El ancho, largo y profundidad de cripta de las vellosidades se midió mediante:

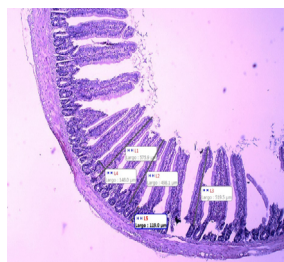
**Análisis Histológico:** Se recogió segmentos de 3 cm. de la porción media del yeyuno, se lavaron con agua destilada y se depositaron en frascos estériles con formol al 10%. El procesamiento histológico empezó con la fijación de la muestra en parafina, luego con la ayuda de un micrómetro se realizó 2 cortes con 7 mm de espesor, los mismos que fueron teñidos con Hematoxilina-Eosina, a estos cortes se los dejó secar por 15 días para una mejor fijación; obteniendo finalmente la placa histológica lista para su valoración.

- **Morfometría de vellosidades intestinales:** Se determinaron los valores referentes a altura, ancho y profundidad de cripta de las vellosidades; para ello se midió al azar 2 vellosidades por cada corte histológico, y se trabajó con una media estadística por cada placa. Se utilizó un microscopio micrométrico y un sistema analizador de imagen computarizado; se cumplió con las mediciones en todo el experimento, y los valores están expresados en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

## Resultados

Los resultados mostraron que la adición de orégano en la ración de pollos Broiler tuvo efectos significativos en la morfología de las vellosidades intestinales. A continuación, se detallan los hallazgos obtenidos. De acuerdo con BMEDITORES (2021) la altura de las vellosidades en el yeyuno se alcanza a los diez días de edad del ave. Como esquema del experimento, al realizar la primera toma de muestra a los 7 días de edad, se pudo constatar que el T3 (Orégano 3%) obtuvo un promedio más alto de 884  $\mu\text{m}$ , seguido del T1 (Testigo) con 655  $\mu\text{m}$  y por último el T2 (Orégano 2%) con 600  $\mu\text{m}$ . Encontrándose los valores sobre el rango normal que es 612  $\mu\text{m}$ . En la figura 1 se puede constatar el resultado de la prueba.

**Fig. 1:** Medición del largo, ancho y profundidad de cripta a los 7 días de edad de las aves.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2:

**Tabla 2:** Análisis de varianza del largo de las vellosidades ( $\mu\text{m}$ ) (7 días de edad)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Total	527140,44	14			
Tratamiento	226501,86	2	113250,93	4,52	0,0344
Error	300638,58	12	25053,23		
CV	22,2				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se observa el análisis de varianza del largo de las vellosidades a los 7 días de edad de las aves en el cual se evidencia que el valor de  $p < 0,05$  por lo que se evidenció que si existe diferencia significativa entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 22,2%.

**Tabla 3:** Prueba de Duncan del largo de la vellosidad (7 días de edad)

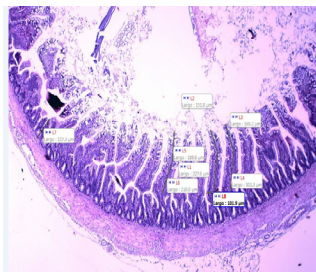
Error: 250553,2147		gl: 12		
TRATAMIENTO	Medias	N	E.E.	*
1	599,84	5	70,79	A
0	655,24	5	70,79	A
2	883,76	5	70,79	B

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 una vez realizado la prueba de comparación de DUNCAN, indica que el Tratamiento 1 y 2 (Testigo y Orégano 2%) no difieren entre sí, mostrando que los tratamientos son iguales, pero difieren del tratamiento 3 (Orégano 3%). El resultado obtenido con la ración enriquecida con orégano al 3 % mostró largo de vellosidades intestinales significativamente mayor en comparación con el grupo control y el tratamiento 1.

A los 22 días de haber iniciado el tratamiento como se muestra en la figura 2, el largo de las vellosidades intestinales en el T3 (Orégano 3%) fue un promedio de 1.317  $\mu\text{m}$ , seguido del T1 (Testigo) con 1.165  $\mu\text{m}$  y por último el T2 (Orégano 2%) con 1.024  $\mu\text{m}$ . Lográndose en este indicador un valor superior del rango normal que es 612  $\mu\text{m}$ . Desde el punto de vista estadístico el valor de  $p > 0,05$  por lo que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

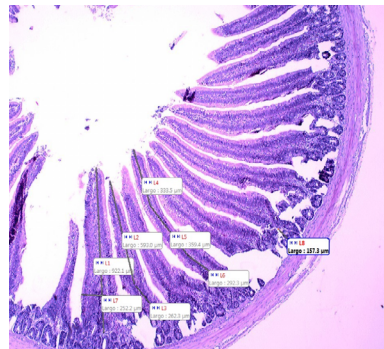
**Fig. 2** Medición del largo, ancho y profundidad de cripta a los 22 días de edad de las aves.



Fuente: Elaboración propia

Resultados similares se al realizar la tercera toma de muestra a los 42 días de edad como se muestra en la figura 3, donde se observó que el T1 (Testigo) obtuvo un promedio de 1.035  $\mu\text{m}$ , seguido del T3 (Orégano 3%) con 968  $\mu\text{m}$  y por último el T2 (Orégano 2%) con 897  $\mu\text{m}$ . superando al rango normal que es 612  $\mu\text{m}$ , pero el análisis de varianza del largo de las vellosidades, indicó a los 42 días la no existencia de diferencia estadística significativa debida que el valor de  $p > 0,05$  entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 18,24%.

**Fig. 3** Medición del largo, ancho y profundidad de cripta a los 42 días de edad de las aves.



Fuente: Elaboración propia

Respecto al indicador ancho de vellosidades intestinales de los pollos Broiler en estudio de acuerdo con WPSA (6) el este aumenta la capacidad de absorción de nutrientes. Al realizar la primera toma de muestra a los 7 días de edad de las aves, se pudo observar que el T1 (Testigo) obtuvo un promedio de 181  $\mu\text{m}$ , seguido del T3 (Orégano 3%) con 150  $\mu\text{m}$  y por último el T2 (Orégano 2%) con 130  $\mu\text{m}$ , superando al rango normal del ancho de la vellosidad que es 111  $\mu\text{m}$ .

**Tabla 4:** Análisis de varianza del ancho de las vellosidades (7 días de edad)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Total	22556,64	14			
Tratamiento	6679,97	2	3339,98	5,52	0,1216
Error	15876,67	12	1323,06		
CV	23,66				

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 el análisis de varianza del ancho de las vellosidades a los 7 días evidencia que no existió diferencia estadística significativa debido que el valor de  $p > 0,05$  entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 23,66%. En la segunda toma de muestra a los 22 días de edad de las aves, se pudo observar que el T2 (Orégano 2%) obtuvo un promedio de 189  $\mu\text{m}$ , seguido del T3 (Orégano 3%) con un promedio de 177  $\mu\text{m}$  y por último el T1 (Testigo) con 171  $\mu\text{m}$ . Encontrándose por encima del rango normal que es 111  $\mu\text{m}$ . El análisis de varianza evidenció que no existió diferencia estadística significativa para este periodo de análisis debido a que el valor de  $p > 0,05$  entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 32,80%.

A los 42 días de experimentación coincidiendo con la tercera toma de muestras de intestino se observó que el T3 (Orégano 3%) obtuvo un promedio de 237  $\mu\text{m}$ , seguido del T2 (Orégano 2%) con un promedio de 214  $\mu\text{m}$  y por último el T1 (Testigo) con 175  $\mu\text{m}$ . superando el rango normal del ancho de las vellosidades que es 111  $\mu\text{m}$ , donde el análisis de varianza indicó la no existencia de diferencia estadística significativa debido a que el valor de  $p > 0.05$  entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 35,46%.

Con relación a la tercera variable dependiente en estudio, profundidad de Cripta de las glándulas de Lieberkuhn y de acuerdo con BM Editores (2021) la profundidad de cripta tiene una media de 188  $\mu\text{m}$ . Se observó que, al realizar la primera toma de muestra a los 7 días de edad, el T2 (Orégano 2%) obtuvo un promedio de 144  $\mu\text{m}$ , seguido del T3 (Orégano 3%) con 143  $\mu\text{m}$  y por último el T1 (Testigo) con un promedio de 137  $\mu\text{m}$ , con un resultado de análisis de varianza a los 7 días de edad que evidenció no existir diferencia estadística significativa debido a que el valor de  $p > 0.05$  entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 19,77%. A los 22 días se observó que el T2 (Orégano 2%) obtuvo un promedio de 256  $\mu\text{m}$ , seguido del T3 (Orégano 3%) con 234  $\mu\text{m}$  y por último el T1 (Testigo) con 186  $\mu\text{m}$ , los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango normal de la profundidad de cripta que es 188  $\mu\text{m}$ .

**Tabla 5:** Profundidad de cripta Lieberkuhn ( $\mu\text{m}$ ) (22 días de edad)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Total	24714,76	14			
Tratamiento	12890,51	2	6445,26	6,54	0,0120
Error	11824,25	12	985,35		
CV	13,93				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se muestra el análisis de variación de la profundidad de cripta de Lieberkuhn, a los 22 días de edad de las aves y se evidencia que si existió significancia entre los tratamientos debido que el valor de  $p < 0.05$ . El coeficiente de variación fue de 13,93%.

**Tabla 6:** Prueba de Duncan de profundidad de cripta Lieberkuhn ( $\mu\text{m}$ ) (22 días de edad)

Error: 985,3543		gl: 12		
Tratamiento	Medias	n	E.E.	*
1	186,1	5	14,04	A
3	233,7	5	14,04	B
2	256,46	5	14,04	B

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 una vez realizado la prueba de comparación de DUNCAN, indica que el Tratamiento 2 y 3 (Orégano 2% y Orégano 3%) no difieren entre sí o sea que los tratamientos son iguales, pero difieren del Tratamiento 1 (Testigo). Los resultados obtenidos para esta variable a

los 42 días de edad muestran que el T2 (Orégano 2%) obtuvo un promedio de 284  $\mu\text{m}$ , seguido del T1 (Testigo) con 257  $\mu\text{m}$  y por último el T3 (Orégano 3%) con 253  $\mu\text{m}$ . Tomando en cuenta que los valores se encuentran dentro de los rangos normales que es 188  $\mu\text{m}$  con un análisis de varianza que evidenció que no existió diferencia significativa debido a que el valor de  $p > 0.05$  entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 21,73%.

## Discusión

Existen diversos estudios sobre la composición química del orégano. Se han identificado flavonoides como la apigenina y la luteolina, agliconas, alcoholes alifáticos, compuestos terpénicos y derivados del fenilpropano. En *O. vulgare* se han encontrado ácidos coumérico, ferúlico, caféico, r-hidroxibenzóico y vainillínico. También contiene flavonoides como naringenina y pinocembrina, lapachenol e icterogenina. (Romero, 2023)

El timol (2-isopropil-5-metilfenol) es una sustancia cristalina incolora con un olor característico que está presente en la naturaleza en los aceites esenciales del tomillo o del orégano. Un isómero del timol es el carvacrol. El timol se caracteriza por su poder desinfectante y fungicida. En veterinaria se aplica igualmente contra infecciones dermatales y para estimular la digestión. (AGEXPORT AGRICOLA, 2021)

Cuando se administra por vía oral el timol y carvacrol se absorben rápidamente en el tracto digestivo superior. Se ha demostrado que la administración oral de 1 mg de timol no ocasionó niveles plasmáticos detectables. La semi-vida se estima en unas 10 horas. Algunos estudios sugieren que el timol tiene una modesta actividad antimicrobiana y que también tiene una actividad antiviral frente a los virus de la influenza A y los virus sincitiales respiratorios. Estas propiedades influyen positivamente en la eubiosis a nivel intestinal y con ello un mayor desarrollo de las vellosidades intestinales traduciéndose en una mejor y mayor absorción de nutrientes a este nivel conjuntamente con otros beneficios como la modulación del sistema inmunológico.

Las propiedades antifúngicas del timol frente a los microorganismos que causan las onicomosis son bien conocidas, igualmente parece potenciar la actividad antifúngica de la anfotericina B. Tanto el timol como su homólogo el carvacrol también presente en el tomillo, tienen efectos antioxidantes y efectos antimutagénicos, al proteger al DNA de la oxidación. Estos efectos antioxidantes se deben a que el timol aumenta la producción de óxido nítrico, lo que mejora la función endotelial y previene contra la arteriosclerosis. (Hernández et. al, 2020)

Por todas las bondades que poseen productos naturales como el orégano se han desarrollado varios estudios en diferentes especies de animales domésticos y especialmente en pollos Broiler donde se han obtenido resultados satisfactorios con la inclusión del mismo en la ración en diferentes presentaciones.

Este experimento logro demostrar el desarrollo significativo de la morfometría intestinal con la inclusión de orégano en polvo al 3 % en la ración de pollos Broiler, especialmente en el largo y ancho de las vellosidades intestinales, esto se traduce en una mayor superficie de absorción resultado del incremento mitótico de los enterocitos propiciado por la eubiosis en la luz intestinal, así como la estimulación de los nódulos linfáticos a este nivel y una modulación inmunológica. Por consiguiente, mejoran los indicadores productivos y la eficiencia del animal.

El aceite de orégano mantuvo las propiedades fisicoquímicas y disminuyó la proliferación de hongos y levaduras en la carne, lo que ofrece una opción potencial para que la industria alimentaria utilice ingredientes naturales en lugar de compuestos sintéticos para preservar la calidad de la carne de bovino y mantener la aceptación del consumidor. El aceite esencial de orégano mexicano puede prolongar la vida útil de los productos cárnicos envasados y tratados con este aditivo natural. (Reynoso et al, 2023)

Resultados también positivos se obtuvieron en estudios del efecto de la adición de aceites esenciales de orégano en la dieta sobre el comportamiento de la morfometría duodenal de pollos de engorde Cobb 500. La variable ancho proximal de las vellosidades fue significativamente mayor (183  $\mu\text{m}$ ) en tratamiento aceite esencial de orégano 300 ppm a los 21 días de edad y la variable profundidad proximal fue significativamente mayor (256  $\mu\text{m}$ ) en el tratamiento aceite esencial de orégano 300 ppm a los 42 días ( $p < 0.05$ ). En este estudio se concluyó que la adición de aceite esencial de orégano en dosis de 300 ppm afecta positivamente la morfometría duodenal de pollos Cobb 500 (Campozano-Marcillo et. al, 2021). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el estudio de las variables morfométricas del intestino en pollos de engorde a los 21 días de edad. Los análisis de evaluación global entre estos parámetros con el peso corporal fueron significativos.

El peso corporal a los 21 días de edad mostró una compensación con la altura de la vellosidad y relación altura de la vellosidad: profundidad de cripta de yeyuno a los 14 días de edad ( $p < 0.05$ ).

En el análisis de la longitud de las fracciones del intestino, se encontró que los grupos suplementados con aceite esencial de orégano presentaron una mayor longitud en yeyuno e íleon respecto a los grupos no suplementados, ( $p < 0.01$ ). El consumo de aceite esencial de orégano generó un efecto trófico sobre el yeyuno e íleon. Es así como la longitud promedio en yeyuno de los grupos suplementados con aceite esencial de orégano fue superior cuando se compara con los grupos no suplementados, 61.0 vs 54.1 cm en promedio, respectivamente.

Varios trabajos que incluyen el orégano en diferentes presentaciones en el alimento de pollos de engorde demuestran la eficiencia en los resultados obtenidos. El presente trabajo se basó en valores normales de la morfometría intestinal los cuales fueron superados con la adición de

orégano en polvo en la dieta. (Martínez & Ponce de León, 2023)

En pollos Broiler, la altura de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas se incrementan rápidamente tras la eclosión, alcanzando un máximo a los cuatro a seis días de edad en el duodeno y a los diez días en yeyuno e íleon. Es por ello que se incrementa la superficie de absorción, aumentando así la capacidad de absorción de nutrientes, además de la puesta en marcha de sistemas activos de transporte a través de la membrana. (BM Editores, 2021)

**Tabla 7:** Valores normales de morfometría del yeyuno.

Morfometría	Media
Altura de las vellosidades (yeyuno) $\mu\text{m}$	612
Profundidad de criptas (yeyuno) $\mu\text{m}$	188
Ancho de las vellosidades (yeyuno) $\mu\text{m}$	11
Enterocitos por vellosidad	848
Enterocitos por $\mu\text{m}$ vellosidad	1,34

Fuente: BMEDITORES (2021)

Por otro lado, Zhang et. al. (2021) demostró que el orégano tiene efectos positivos para la salud y carece de residuos que provoquen resistencia bacteriana (Chaturvedi et. al., 2021), donde se asegura como la nueva alternativa para la producción avícola. Exponiendo que las propiedades antimicrobianas y antioxidantes del carvacrol y timol presentes en el orégano tiene efectos frente a *S. aureus* y *L. monocytogenes*, microorganismos asociados a la contaminación de los alimentos. (Carhuallanqui et. al., 2020)

## Conclusiones

En el estudio realizado para las vellosidades intestinales, los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento con el orégano en polvo al 3 % en la dieta de pollos de engorde, debido a que se obtuvo un promedio de 1056.33  $\mu\text{m}$  de largo y 188  $\mu\text{m}$  de ancho respecto al testigo con un promedio de 951.67  $\mu\text{m}$  de largo 175.67  $\mu\text{m}$  de ancho. En la variable profundidad de cripta de Lieberkuhn el mejor resultado se alcanzó con orégano en polvo al 2 % que alcanzó una media de 228  $\mu\text{m}$  respecto al testigo con promedio de 193.33  $\mu\text{m}$ . Durante el experimento no se observaron muertes ni cambios significativos en el estado de salud o en el incremento del consumo de alimentos o agua, pero se incrementa el peso respecto al testigo en 74.2 g como promedio a los 42 días respecto a los pollos que no consumieron orégano en polvo. Los resultados de este y otros estudios similares favorecen e empleo de orégano en polvo en la dieta.

## Referencias bibliográficas

AGEXPORT AGRICOLA (2021). Guía de cultivo de orégano. <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-oregano.pdf>

- BIOmentos. (2022). Características nutricionales del pienso BIOalimentar para pollos de Engode. <https://biomentos.com.ec/wp-content/uploads/2022/10/Balancesados-BiOmentos-Aves.pdf>
- BM Editores. (2021). Integridad intestinal, oro puro en la productividad avícola. <https://bmeditores.mx/avicultura/integridad-intestinal-oro-puro-en-la-productividad-avicola/>
- Campozano-Marcillo, G. A., Antonio-Hurtado, E., Bravo-Loor, J. D., Bulnes-Goicochea, C. A., Bazurto-Vera, V. L., & Solórzano-Macías, C. K. (2021). Morfometría duodenal en pollos Cobb 500 suplementados con aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L). Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú, 32(6), e19924. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.19924>
- Carhuallanqui, A., Salazar, M. y Ramos, D. (2020). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. Revista Investigación Altoandina, 22(1), 25-33. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.530>
- Catedralatam. (20 de diciembre de 2023). Conoce el ranking latinoamericano de consumo de pollo y huevo por país. <https://actualidadavipecuaria.com/conoce-el-ranking-latinoamericano-de-consumo-de-pollo-y-huevo-por-pais>
- Chaturvedi, P., Shukla, P., Giri, BS, Chowdhary, P., Chandra, R., Gupta, P. y Pandey, A. (2021). Prevalence and hazardous impact of pharmaceutical and personal care products and antibiotics in environment: A review on emerging contaminants. *Investigación ambiental*, 194, 110664. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110664>
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. (18 de diciembre de 2023). Estadísticas del Sector Avícola. <https://conave.org/conave-presenta-las-estadisticas-del-sector-avicola/>
- Hernández, Y., Rodríguez, A., Villafuerte, Y., Marrero, I. y Mora, C. (2020). Influencia de los radicales libres en la génesis de la aterosclerosis *Revista Finlay*, 10(2), 170-178. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2221-24342020000200170](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342020000200170)
- Martínez, D. y Ponce de León, C. (2023). The effect of oregano essential oil on Feed Passage Syndrome in broilers: 1. Assessment under field conditions. *Animal - Open Space*, 2, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2023.100046>
- Mencia, O. (28 de agosto de 2023). Evaluación de la salud intestinal en avicultura: Biomarcadores y aplicaciones. <https://avinews.com/evaluacion-de-la-salud-intestinal-en-avicultura-biomarcadores-y-aplicaciones/>
- Reynoso, H., Luna, A., García, N., Sinagawa, S., Rico, D., Flores, E. y Méndez, G. (2023). Efecto del aceite de orégano en la carne de bovino. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8, 408-417. <https://idcyta.uanl.mx/index.php/i/article/download/55/119/240>
- Romero, S. (5 de abril de 2023). Beneficios del orégano para la salud. <https://www.muyinteresante.com/salud/367.html>
- Tasayco, E. (1 de diciembre de 2020). Reducción del uso de antibióticos como promotores de crecimiento: estrategias nutricionales. <https://actualidadavipecuaria.com/reduccion-del-uso-de-antibioticos-como-promotores-de-crecimiento-estrategias-nutricionales/>
- Vizcaíno Zúñiga, PI, Cedeño Cedeño, RJ, Maldonado Palacios, IA. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7658](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658)
- World Animal Protection. (2022). Unión Europea prohíbe el uso rutinario de antibióticos en animales de granja. <https://www.worldanimalprotection.cr/noticias-y-blogs/noticias/union-europea-antibioticos-animales-granja-bienestar-animal-2022/>
- Zhang, LY, Peng, QY, Liu, YR, Ma, QG, Zhang, JY, Guo, YP, y Zhao, LH (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. *Poultry Science*, 100(7), 101163. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101163>



# 06

Recibido: abril, 2024 Aceptado: mayo, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Evaluación de distancias de plantación de vitroplantas del clon CT-115 en la producción de semilla certificada

Evaluation of planting distances of vitroplants of clone CT-115 in certified seed production

Joan Manuel Leyva Benavides<sup>1\*</sup>

E-mail: [joanmlb01@gmail.com](mailto:joanmlb01@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4263-1751>

Oscar Suárez Benítez<sup>2</sup>

E-mail: [osbenitez@ucf.edu.cu](mailto:osbenitez@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6192-3288>

Enrique Casanovas Cosío<sup>3</sup>

E-mail: [ecasanovas@ucf.edu.cu](mailto:ecasanovas@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5884-3922>

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cienfuegos. Cuba.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Cienfuegos. Cuba.

<sup>3</sup>Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. Cienfuegos. Cuba.

\*Autor para la correspondencia

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Leyva Benavides, J. M., Suárez Benítez, O. y Casanovas Cosío, E. (2024). Evaluación de distancias de plantación de vitroplantas del Clon CT-115 en la producción de semilla certificada *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 41-46  
<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

### Resumen

La investigación se desarrolló en el período comprendido del 5 de marzo al 5 de septiembre de 2022, en áreas del banco de semilla básica de la provincia de Cienfuegos y Villa Clara, situado en el municipio de Palmira, provincia de Cienfuegos. Para la realización del estudio se utilizaron vitroplantas de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, las que fueron plantadas a diferentes marcos de plantación, usando para ello espaciamientos entre surcos de 1, 0,80 y 0,60 m combinados con espaciamientos interplantas de 0,60, 0,40 y 0,20 m. Los resultados alcanzados en el experimento demostraron que la distancia óptima para la plantación de vitroplantas con destino a “bancos de semilla”, fue a las distancias de 0,60 m entre plantas y una distancia entre surcos de 1,00 m, por ser ésta el área en la que se obtienen los mejores resultados en las variables del rendimiento agrícola (altura, peso y diámetro). Los resultados alcanzados permitirán que se realice la plantación de vitroplantas de CT-115 en los “bancos de semilla” a la distancia óptima, para así obtener una semilla de alta calidad.

### Palabras clave:

Pasto, Rendimiento, Producción, Biomasa.

### Abstract

The investigation was carried out in the period from March 5<sup>th</sup> to September 5<sup>th</sup>, 2022, in areas of the basic seed bank of the province of Cienfuegos and Villa Clara, located in the municipality of Palmira, province of Cienfuegos. To carry out the study, *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, which were planted in different planting frames, using row spacings of 1, 0.80, and 0.60 m combined with interplant spacings of 0.60, 0.40, and 0.20 m. The results achieved in the experiment demonstrated that the optimal distance for planting Vitro plants destined for “seed banks» was at distances of 0.60 m between plants and a distance between furrows of 1.00 m, as this is the area in which the best results are obtained in the agricultural performance variables (height, weight, and diameter). The results achieved will allow the planting of CT-115 Vitro plants in the “seed banks” at the optimal distance, to obtain high-quality seeds.

### Keywords:

Pasture, Yield, Production, Biomass.

## Introducción

La problemática ambiental contemporánea presenta una perspectiva global que abarca todo el planeta, afectando los diversos ecosistemas y conduciendo a su deterioro y eventual destrucción. Esta situación está estrechamente ligada a las actividades humanas, tanto en el ámbito económico, social, político y cultural, como en el aprovechamiento de los recursos naturales para el sostenimiento de la vida humana en la Tierra (Fuentes, 2013). Con la industrialización de la agricultura, se ha observado una disociación de gran parte de la población con la actividad agraria y la naturaleza, lo que ha generado la pérdida de especies autóctonas debido a la disminución de sus guardianes tradicionales, los agricultores. Como consecuencia, se han registrado la extinción de numerosas especies de alto valor para la naturaleza y la humanidad (Aguilar, 2023).

En el contexto de la ganadería tropical, una de las principales dificultades radica en garantizar la alimentación del ganado durante la época más seca del año, ya que la producción de pastos es marcadamente estacional, lo que conlleva a fluctuaciones en la producción de leche y carne, así como a una disminución en la eficiencia reproductiva del ganado (Cabello et. al., 2013). En este sentido, el desbalance alimentario se presenta como un desafío importante para mantener niveles de producción óptimos de forma continua y rentable (Escandon & Vega, 2020).

El Instituto de Ciencia Animal ha desarrollado variedades, como el clon *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, que han demostrado ser soluciones eficaces para contrarrestar la estacionalidad forrajera, promoviendo criterios de bajo costo y sostenibilidad de los recursos. Sin embargo, se identifican limitaciones en el entendimiento de cómo funcionan las hormonas vegetales involucradas en esta tecnología y en los altos costos de los procesos necesarios, lo que resalta la necesidad de la colaboración entre fisiólogos vegetales e ingenieros para buscar soluciones innovadoras (Padilla & Martínez, 2016).

La propagación vegetativa es un método ampliamente utilizado para multiplicar plantas forrajeras. Sin embargo, las técnicas convencionales, como la propagación por esquejes, pueden presentar limitaciones tales como baja tasa de germinación, transmisión de enfermedades y falta de uniformidad genética. En este contexto, la técnica de micropropagación o cultivo in vitro emerge como una alternativa prometedora para la obtención de plantas con alto potencial genético y sanitario (López et. al., 2023).

En el cultivo de pastos, el diseño adecuado del marco de plantación es crucial para promover un crecimiento saludable y un óptimo rendimiento de los cultivos, facilitando la entrada de luz, ventilación y aireación, y reduciendo la competencia por los nutrientes. Un apropiado marco de plantación contribuye al incremento de la producción y calidad de los cultivos, favoreciendo su desarrollo óptimo (Bello et. al., 2016).

La multiplicación por vitroplantas ofrece ventajas significativas para la producción de *Pennisetum purpureum* cv. CT-115. Las vitroplantas son más uniformes, vigorosas y sanas que las plantas obtenidas por métodos tradicionales, y pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales. Además, estas vitroplantas pueden usarse para iniciar una segunda multiplicación, acelerando la producción de material vegetal a gran escala y permitiendo la selección de características deseables (Prokopiuk et. al., 2023). Por lo que, se propuso estudiar el rendimiento del marco de plantación del clon CT-115 (*Pennisetum purpureum* cv. CT-115) desde vitroplantas hasta 6 meses de edad, que pudiera orientar un uso más eficiente del recurso tierra.

## Materiales y métodos

### Localidad Experimental

El presente estudio se llevó a cabo en el banco de semillas básicas perteneciente a las provincias de Cienfuegos y Villa Clara, específicamente en áreas aledañas a la Empresa Agropecuaria Espartaco en el municipio de Palmira, provincia de Cienfuegos. El suelo utilizado para el experimento fue identificado como Pardo sin carbonato (Cambisol éutrico) (Hernández et. al., 2019).

### Diseño experimental de la investigación

El diseño experimental fue de bloques al azar con un modelo de clasificación simple con nueve tratamientos según la distancia empleada entre plantas y entre surcos en metros: 1-(0,20 m x 0,60 m); 2-(0,20 m x 0,80 m); 3-(0,20 m x 1,00 m); 4-(0,40 m x 0,60 m); 5-(0,40 m x 0,80 m); 6-(0,40 m x 1,00 m); 7-(0,60 m x 0,60 m); 8-(0,60 m x 0,80 m) y 9-(0,60 m x 1,00 m).

Cada tratamiento fue replicado tres veces en parcelas, desde el 5 de marzo hasta el 5 de septiembre de 2022, con un área experimental de 594 m<sup>2</sup> (0,059 ha), empleando por réplica 1650 vitroplantas, lo que sumó un total de 4950 vitroplantas en el experimento. Por ende, el área total del experimento fue de 1770 m<sup>2</sup> (0,177 ha).

El tiempo de evaluación para cada una de las variables medidas fue de 180 días (6 meses) de establecimiento del pasto.

### Número de tallos por metros lineal

Para determinar el número de tallos por metro lineal se realizaron conteos de las plantas de forma manual en surcos de 20 m de longitud al momento de la cosecha, obteniendo así un número exacto de tallos presentes en cada tratamiento y en las tres réplicas correspondientes.

### Altura del Tallo

La altura de cada tallo se midió desde la base hasta la primera lígula visible, y se calculó un promedio de altura para cada tratamiento.

### Peso del tallo

El peso de los tallos también se tomó con una balanza WeiHeng con  $\pm 5$  g de precisión.

### Diámetro del tallo

El grosor de los tallos se midió utilizando un pie de rey en mm.

### Variable rendimiento

La variable rendimiento agrícola (t ha<sup>-1</sup>) planteado se calculó utilizando la siguiente fórmula en t:

Variable Rendimiento = número de tallos por metro lineal \* Peso tallo \* Área de la parcela

### Procesamiento Estadístico

Para analizar los resultados obtenidos en las evaluaciones, se utilizó un enfoque estadístico que incluyó la aplicación de pruebas de análisis de varianza (Anova) y comparaciones de medias a través de la prueba de comparación múltiple de Tukey, con un nivel de significación del 5% ( $P \leq 0,05$ ). Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianza a través de la prueba de Levenne. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa estadístico IBM SPSS v 23.

## Resultados y discusión

En el estudio se alcanzaron valores de la viabilidad del 100% en la siembra de vitroplantas de *Pennisetum purpureum* cv. CT 115. Este éxito se atribuye a las características inherentes de las vitroplantas cultivadas en condiciones especiales, así como su posterior manejo a la hora de la siembra (Karasawa et. al., 2011). Las vitroplantas son clones genéticamente idénticos a la planta madre seleccionada, lo que garantiza la uniformidad del material vegetal obtenido. Además, el proceso de micropropagación permite la eliminación de patógenos presentes en el material vegetal original, dando como resultado plantas libres de enfermedades (Manoj et. al., 2019).

Estos dos factores, uniformidad genética y sanidad garantizada, son cruciales para lograr una siembra exitosa y maximizar el rendimiento del cultivo en función de la producción de semilla. La uniformidad genética de las vitroplantas se traduce en un desarrollo homogéneo de la nueva generación de plantas, facilitando el manejo y garantizando la consistencia de las características deseables del pasto. Por último, el alto vigor inicial de las vitroplantas se traduce en una mayor tasa de multiplicación en la etapa posterior (Prokopiuk et. al., 2023).

### Número de tallos por metro lineal

La tabla 1 muestra los resultados de la densidad de tallos por metro lineal en diferentes distancias entre plantas y surcos, donde no se observaron diferencias significativas

en la variable tallos por metro lineal entre las diferentes distancias de siembra.

**Tabla 1:** Comparación de la variable número de tallos por metro lineal.

Tratamientos	Media
1	6,90a
2	6,70a
3	6,95a
4	6,75a
5	6,95a
6	7,10a
7	7,05a
8	7,05 <sup>a</sup>
9	7,25a
ES $\pm$	0,66

Letras iguales no indican diferencias significativas, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

**Fuente:** Elaboración propia

Este hallazgo se explica por la notable capacidad de las gramíneas para generar nuevos individuos a partir de los meristemas axilares de la planta madre, un proceso conocido como ahijamiento. Esta capacidad permite a las gramíneas adaptarse a diferentes condiciones de crecimiento y maximizar la eficiencia en la utilización del espacio disponible.

Las vitroplantas, obtenidas mediante técnicas de cultivo in vitro, son especialmente propensas al ahijamiento, cuya capacidad juega un papel fundamental en la obtención de una alta densidad de tallos por metro lineal, independientemente de la distancia entre plantas y surcos (Hernández et. al., 2023). Esta característica es crucial para la producción de biomasa, por lo que se obtienen resultados superiores a los planteados por Ruíz et al. (2017), donde se usan diferentes métodos de plantación con el fin de mejorar las variables morfológicas del cultivo alcanzando solo densidades de 3,66 a 5,77 tallos por metro lineal.

Torres & Vásquez (2005), señalan que el cierre de campo temprano en *Pennisetum*, en distancias más estrechas, inhiben el ahijamiento favoreciéndose con ello el engrosamiento de los tallos ya formados, mientras que las distancias con más espaciado entre surcos alcanzan el cierre con posterioridad, favoreciéndose la formación de hijos que compiten con los tallos ya formados por nutrientes.

Las distancias entre plantas más pequeñas, por lo general el cierre de campo ocurre más temprano, lo que propicia que como tendencia la disminución de la formación de hijos, por lo que durante todos los períodos hay formación de hijos que se nutren de las reservas de los tallos ya formados. El no control del ahijamiento provocado por el cierre de campo, influye de forma directa en el comportamiento de la variable en estudio. Lo anterior

coincide con lo señalado por Irving & Benda (1980) y Torres & Vásquez (2005), quienes señalan que en las distancias de siembra amplias y bien espaciadas en el cierre de campo se retrasa de manera notable favoreciendo un correcto desarrollo.

### Altura del tallo

La tabla 2 revela los resultados al analizar la variable altura del tallo en diferentes distancias de siembra. Se observa que el tratamiento 1-(0,20 m x 0,60 m) presenta los valores más bajos de altura, mientras que el tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m) muestra los mejores resultados.

Por lo que se coincide con lo planteado con Leonard et al. (2014) que, por efecto del fototropismo, la respuesta de la planta a la luz en la capacidad de percibirla para realizar la fotosíntesis, se vio menguado por un menor espacio entre las plantas.

**Tabla 2:** Comparación de las variables altura del tallo (m), diámetro del tallo (cm) y peso del tallo (Kg).

Tratamientos	Altura del tallo (m)	Diámetro del tallo (cm)	Peso del tallo (Kg)
1	1,93i	1,37h	0,32f
2	2,28g	1,34i	0,34e
3	2,25h	1,45g	0,41c
4	2,48f	1,66d	0,36d
5	2,78b	1,85b	0,41c
6	2,56e	1,68c	0,49b
7	2,65c	1,50f	0,40c
8	2,61d	1,64e	0,41c
9	2,87a	2,12a	0,62a
ES ±	0,27	0,23	0,08

Letras distintas indican diferencias significativas, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

**Fuente:** Elaboración propia

En marcos de plantación más pequeños, como el tratamiento 1-(0,20 m x 0,60 m), la cantidad de luz disponible se reduce considerablemente. Esta escasez de luz limita la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis de manera eficiente. La fotosíntesis es un proceso vital para las plantas, ya que les permite convertir la energía luminosa en energía química, esencial para su crecimiento y desarrollo. En contraste, en marcos de plantación más amplios, como el tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m), la luz es más accesible y las plantas pueden realizar la fotosíntesis de manera eficiente. La luz no es un factor limitante en estos casos, por lo que la altura del tallo no se ve afectada (Alonso et. al., 2006).

Dentro de las variables de crecimiento se estudió la longitud del tallo desde la base hasta la primera lígula visible; que su crecimiento es de forma irreversible (Rodríguez & Leihner, 2001). Este valor de crecimiento de 2,86 metros se considera alto comparado al esquema de crecimiento de otros autores como Martínez et al. (2010) logrando 1,50 m dentro de este y que Ruíz et al. (2017) donde estos

superan al primero alcanzando valores de altura de 1,65 m y 1,84 m en dos de sus tratamientos, evaluando ambos autores edades de corte entre 90 y 180 días.

Lo que demuestra que en general el CT-115 a partir de viroplantas puede alcanzar alturas de 2 a 3 m en 6 meses, estableciéndose como un factor de crecimiento y desarrollo normal, la variabilidad de este valor podría ser causada por otros efectos, ejemplo de ello la capacidad de la planta al percibir la luz como se mencionó anteriormente (González et. al., 2018).

### Diámetro del tallo

Los resultados de estas evaluaciones de las medias en estudio mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ) por parte del tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m), en comparación con el resto de distancias evaluadas, lo cual la convierte en distancia dominante.

El estudio del diámetro del tallo muestra la importancia de una planificación metódica en el cultivo. La elección del marco de plantación adecuado, como el tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m), puede ser la clave para desbloquear el máximo potencial del cultivo, optimizando el crecimiento del tallo y, en última instancia, maximizando la producción de biomasa y otros beneficios. Estos resultados son incluso superiores a los alcanzados por González et al. (2018) que emplearon en esta investigación fuentes de fertilización a base de estiércol bovino (0,5, 1,0 y 1,5 kg m<sup>2</sup>) y fertilizante químico Urea (0,015 Kg m<sup>2</sup>) y fue imposible que alcanzaran valores superiores a 1,43 cm de diámetro.

En cambio, otros autores como García et al. (2014), plantean que la forma de crecimiento habitual del CT-115 le permite al mismo alcanzar diámetros hasta de 2-3 cm con condiciones óptimas para su desarrollo y dependiendo de la etapa de evaluación del cultivo. Se establece de forma general que, en 6 meses de establecimiento, sin estar el cultivo en un régimen de riego y no existir una norma de fertilización el CT-115 sería poco probable que alcanzase un grosor mayor a 2,5 cm.

Además de esto otros estudios demuestran que durante el engrosamiento primario el tallo adquiere forma obcónica, porque los últimos entrenudos formados son más anchos que los primeros. En muchas monocotiledóneas como los *Pennisetum*, por ejemplo, se originan raíces fúlreas en los nudos basales para compensar esa diferencia. Dicho desarrollo y características favorables están estrechamente relacionada con el espacio que este tenga para desarrollarse el cultivo (Arbo, 2013).

### Peso del tallo

Los datos obtenidos en esta variable presentaron diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre el tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m) y el resto, mostrándose reiteradamente el predominio de dicho marco de plantación.

Fortes (2012), indica que las diferencias en el rendimiento del CT-115 pueden atribuirse a la disponibilidad de

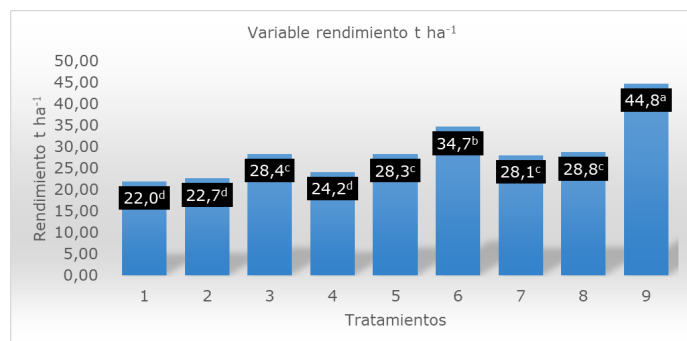
nutrientes y la competencia por los mismos, factores que se ven afectados por el marco de plantación. Una mayor distancia entre plantas, como en el caso del tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m), permite un mejor acceso a la luz solar, agua y nutrientes, lo que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, por ende, un mayor peso.

### Rendimiento

Los datos del rendimiento mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, con una notable distinción en las medias del tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m). Este marco de plantación se destaca reiteradamente como el de mayor rendimiento. Los resultados corroboran la influencia crucial del marco de plantación en el rendimiento del CT-115.

En la figura 1 se muestran los resultados de la variable rendimiento, al ser evaluada en diferentes marcos de plantación, observándose un aumento en dicha variable al extender las distancias de plantación, destacando los mejores resultados al plantar vitrolantas del Clon CT-115 para la producción de semilla certificada a la distancia del tratamiento 9-(0,60 m x 1,00 m).

**Fig. 1:** Comparación de la variable rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) teniendo en cuenta diferentes distancias entre surcos y plantas.



Letras distintas indican diferencias significativas, según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia

León et. al. (2022), resaltan que las características del CT-115 lo convierten en un candidato ideal para la producción de biomasa. Además, entre los 4 y 6 meses de edad, el CT-115 presenta un mayor desarrollo en comparación con otros cultivares como King grass, Camerún, Enano y Taiwán.

Los resultados obtenidos por Casanovas et. al. (2006), indican un rendimiento de  $10,2\ t\ ha^{-1}$  en el cultivo evaluado a diferentes edades de corte, destacándose el período de 120 días como el momento en que se alcanza dicho rendimiento. Estos resultados darían una tasa de crecimiento diario de  $85\ kg\ ha^{-1}$ . En contraste, los resultados de la presente investigación que muestran un desempeño superior, teniendo en cuenta un crecimiento constante entre los 120 y 180 días que resulta en un rendimiento de

$44,8\ t\ ha^{-1}$  a los 180 días. Durante este periodo, se observó una tasa de crecimiento diario de  $248,8\ kg\ ha^{-1}$ .

Los resultados de la investigación superan los parámetros productivos planteados por González et al. (2018), el cual alcanza rendimientos por un valor máximo de  $27,36\ t\ ha^{-1}$ . Sin embargo, se ha constatado que el cultivo de CT-115 es capaz de almacenar de 12 a 20  $t\ MS\ ha^{-1}$  y entre 4 y 8  $t\ MS\ ha^{-1}$  en campos expuestos a normas de fertilización. Lo que prueba que la fertilización puede renovar el vigor de los campos y haciendo poco probable alcanzar estos valores de rendimiento (Martínez & González, 2017).

Los resultados obtenidos confirman el alto potencial de vitrolantas de CT-115 para la producción de semilla certificada. Sus características morfológicas y capacidad de producción, lo convierten en una alternativa atractiva para la ganadería. El manejo adecuado del marco de plantación juega un papel fundamental para optimizar el desarrollo del cultivo y alcanzar los máximos niveles de producción.

### Conclusiones

Los mejores resultados en la distancia de siembra entre plantas es 0,60 x 1,0 metro al quedar demostrado que el ahijamiento que se produce es capaz de mantener valores de diámetro, altura y peso óptimo para la producción de semilla.

El mejor resultado del rendimiento de acuerdo a la distancia de siembra se observó a 0,60 x 1,0 m entre surcos con  $44,8\ t\ ha^{-1}$ .

### Referencias bibliográficas

- Aguilar, C. M. (2023). La problemática ambiental en un contexto de cambio global: Posibilidades y limitaciones de educación ecocientífica desde la acción docente. *Educare*, 27(2), 416-427. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.27-2.15904>
- Alonso, J., Fables, G., Ruíz, T. G., & Achang, G. (2006). Efecto de la sombra en la gramínea asociada en un sistema silvopastoril de *leucaena-guinea* durante sus diferentes etapas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4), 503-501.
- Bello, J. J., Mendoza, M., & Pérez, J. (2018). In vitro propagation of sugarcane for certified seed production. *Technology and Research*, 101-112. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74037>
- Cabello, J. J., Gutiérrez, E., Zabala, F., Olivares, E., Bernal, H., Treviño, J. S., & Herrera, R. S. (2013). Establecimiento del pasto 'CT-115' (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. *Revista de Fitoecología Mexicana*, 36(3), 239-244.

- Casanovas, E., Figueredo, Y., Soto, R., Novoa, R., & Valera, R. (2006). Effect of the cut frequency on the phenological and productive performance of *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115 in the dry season. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 40 (4), 447-452.
- Chuncho, G., & Aguirre, Z. (2020). *Anatomía y morfología vegetal*. Universidad Nacional de Loja.
- Escandon, R. S., & Vega, V. E. (2020). Impacto de la tecnología de bancos de biomasa con pasto CUBA CT-115 en una lechería de la zona tropical del centro de Veracruz, México. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(3), 299-308.
- Fortes, D. (2012). Comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos y de calidad de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa (Tesis Doctoral). Instituto de Ciencia Animal.
- García, L. M., Mesa, A. R., & Hernández, M. (2014). Potencial forrajero de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* en un suelo Pardo de Las Tunas. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 413-419.
- González, J. L., González, O., Puerta, J., & Miranda, I. (2018). Rendimiento en dos cultivares de *Pennisetum purpureum* Schumach a diferentes dosis de fertilización orgánica y mineral. *Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 3(6), 96-108.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediciones INCA.
- Irving, J. E., & Benda, G. T. (1980). Effects of spacing on the plant. *Proceedings*. 357-367.
- Karasawa, M. M., Pinto, J. E., Pereira, A. V., Pinto, J. C., & Silva, F. G. (2011). In Vitro propagation of *Pennisetum purpureum* Schum. University of Kentucky.
- León, G. E., Ramos, J. A., Izquierdo, F., Joaquín, B. M., & Meléndez, F. (2022). Comportamiento productivo y valor nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, a diferente edad de rebrote. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 13(4), 1055-1066. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5217>
- López, M., Ramírez, E., Sánchez, R., Juaquin, S., Muñoz, L., & Gayosso, O. (2023). Parámetros de calidad en propágulos de pastos nativos e introducidos cosechados en sequía. *Fitotecnía Mexicana*, 46(4), 487-496.
- Manoj, K., Sushma, T., Niraj, T., Gyanendra, T., Deepa, B., Megha, M., Neha, G., Nishi, P., Purnima, S., Akash, S., & Ashok, A. A. (2021). Plant Tissue Culture Techniques for Conservation of Biodiversity of Some Plants Appropriate for Propagation in Degraded and Temperate Areas. *Current Topics in Agricultural Sciences*, 44, 30-60. <http://dx.doi.org/10.9734/bpi/ctas/v4/2119C>
- Martínez, R., & González, C. (2017). Evaluación de variedades e híbridos de hierba elefante *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* para la producción de forrajes. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(4), 477-488.
- Martínez, R. O., Tuero, R., Torres, V., & Herrera, R. S. (2010). Models of biomass accumulation and quality in varieties of elephant grass, Cuba CT-169, OM-22, and king grass during the rainy season in the western part of Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(2), 189-193
- Moreno, L. (2022). Salud y medio ambiente. *Facultad de Medicina México*, 65(3), 8-18.
- Prokopiuk, B., Kapczyńska, A., & Pawłowska, B. (2023). Establishing in vitro cultures of *Pennisetum* 'VERTIGO®' and its shoot multiplication under different led light quality. *Hortorum Cultus*, 22(6), 19-28.
- Retureta, C. O., Padilla, C. R., Martínez, R. O., Vega, V. E., Gudiño, R. S., & Montero, M. (2019). Efecto del riego sobre la calidad, desarrollo y producción de biomasa a dos edades de corte de *Cenchrus purpureus* cv. CT-115 para la región central del estado de Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(1), 41-47
- Rodríguez, W., & Leihner, D. (2001). Análisis del crecimiento vegetal. Universidad de Costa Rica.
- Ruíz, T. E., Martínez, C. E., Alvares, D., Mejias, R., & Díaz, H. (2017). Effect of plantation method and biomass production of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 101-106
- Torres, S., & Vásquez, E. S. (2005). *Fisiología Vegetal*. Pueblo y Educación.

# 07

Recibido: mayo, 2024 Aceptado: julio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Innovación y gestión en negocios de repostería familiar como tendencia alimentaria

Innovation and management in family baking businesses as a food trends

Tannia Cristina Poveda Morales <sup>1\*</sup>

E-mail: [ua.tanniapoveda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.tanniapoveda@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6497-9957>

Diego Andrés Carrillo Rosero<sup>1</sup>

E-mail: [ua.diegocarrillo@uniandes.edu.ec](mailto:ua.diegocarrillo@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6857-4519>

Karoline Raquel Bastidas Sarcos<sup>1</sup>

E-mail: [ga.karolinerbs72@uniandes.edu.ec](mailto:ga.karolinerbs72@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3786-2476>

<sup>1</sup>Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Poveda Morales, T. C., Carrillo Rosero, D. A. y Bastidas Sarcos, K. R. (2024). Innovación y gestión en negocios de repostería familiar como tendencia alimentaria. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 47-53. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La Pastelería Doña Leyda, con más de 20 años en el mercado, enfrentó la necesidad de modernizar sus procesos productivos para responder a la creciente demanda y a las expectativas ambientales de los consumidores. En este contexto, se planteó desarrollar un modelo de producción sostenible mediante la implementación de premezclas estandarizadas, para optimizar la eficiencia productiva, garantizar la calidad del producto y responder a las demandas del mercado. Para lograr este objetivo, se empleó un enfoque mixto cuali-cuantitativo, al aplicar encuestas y entrevistas a consumidores y expertos. Igualmente, se aplicó la metodología DAFO para evaluar técnicamente a la Pastelería Doña Leyda en el mercado actual. En cuanto a los resultados ha indicado que la implementación de premezclas mejoró significativamente la consistencia y calidad de los pasteles, al optimizar el tiempo de producción y reducir la variabilidad. Además, se ha propuesto como mejora continua el uso de ingredientes locales, la adopción de prácticas sostenibles en la gestión de recursos y la reducción de residuos. De modo que contribuya a la reducción del impacto ambiental y a la aceptación positiva por parte de los consumidores. En conclusión, la adopción de un modelo de producción sostenible permitió a la Pastelería Doña Leyda mejorar su eficiencia operativa y la calidad de sus productos, al responder a las demandas del mercado actual.

### Palabras clave:

Repostería artesanal, Sostenibilidad empresarial, Comportamiento del consumidor, Tendencias alimentarias.

### Abstract

The Doña Leyda Pastry Shop, with more than 20 years in the market, faced the need to modernize its production processes to respond to the growing demand and environmental expectations of consumers. In this context, it was proposed to develop a sustainable production model through the implementation of standardized premixes, to optimize production efficiency, guarantee product quality and respond to market demands. To achieve this objective, a mixed qualitative-quantitative approach was used, applying surveys and interviews to consumers and experts. Likewise, the SWOT methodology was applied to technically evaluate the Doña Leyda Pastry Shop in the current market. Regarding the results, it has been indicated that the implementation of premixes significantly improved the consistency and quality of the cakes, by optimizing production time and reducing variability. In addition, the use of local ingredients, the adoption of sustainable practices in resource management and the reduction of waste have been proposed as continuous improvements. So that it contributes to the reduction of environmental impact and positive acceptance by consumers. In conclusion, the adoption of a sustainable production model allowed the Doña Leyda Pastry Shop to improve its operational efficiency and the quality of its products, by responding to the demands of the current market.

### Keywords:

Artisanal pastry, Business sustainability, Consumer behavior, Food trends.

## Introducción

A lo largo de la historia, los seres humanos han aprovechado los recursos y alimentos disponibles (Melby et al., 2020), al contribuir a la evolución de la gastronomía. Tradicionalmente asociada con la alimentación, la gastronomía se ha expandido para abarcar no solo la preparación de alimentos, sino también la formación de patrones culturales que definen las artes culinarias (Salazar et al., 2021). Este arte combina aromas, texturas, consistencias y sabores de manera armoniosa mediante técnicas culinarias (Thi Kim Vu et al., 2024). La gastronomía implica un conocimiento consciente de cómo el ser humano gestiona su dieta para garantizar la conservación de la humanidad mediante alimentos de calidad (Mesta Corral et al., 2024). La satisfacción gastronómica se logra, al experimentar una diversidad de platos y vinos que constituyen la variedad y el contraste (Pedret Massanet et al., 2023), elementos clave para el desarrollo genuino.

Dentro de la gastronomía, áreas importantes como la panadería y la pastelería se caracterizan por la producción de pastas, galletas, brioches, bizcochos y caramelos. En la historia de la pastelería, el vínculo con la religión en la Edad Media en Francia es notable, donde se elaboraban obleas y hostias para la eucaristía. De modo que se empleaban mecanismos de conservación de alimentos mediante reducciones de líquidos y azúcar. La pastelería involucra masas de harina, agua, aceites, levadura y otros complementos que, tras un tratamiento adecuado, resultan en una variedad de productos. La repostería se define como la elaboración y decoración de tortas, golosinas y postres con precisión en métodos e ingredientes (Hughes et al., 2020).

La industria alimentaria se beneficia de la reestructuración de procesos productivos mediante tecnología que simplifica la preparación de alimentos (Eduardo et al., 2024). Esto permite crear productos de fácil uso, donde se agilizan las preparaciones en un mundo acelerado. Las premezclas de pastel en polvo facilitan la producción en pastelería, estandarizan recetas, mejoran la calidad y reducen costos al simplificar ingredientes y procesos. Entre los que se destacan los ingredientes clave que incluyen azúcar para el sabor, licores y frutas para la fragancia.

En Ecuador, varios productores de premezclas han intensificado su producción debido al consumo y la importación. Aunque el mercado ofrece una variedad de premezclas para pasteles, son escasas en el campo de la pastelería y repostería. Actualmente, la estandarización de productos se aplica comúnmente en cuatro áreas: producto individual, franquicia, políticas del mercado y parámetros de producción. En este contexto, se considera la estandarización por producto individual y artesanal para desarrollar una línea de premezclas en polvo para pasteles en la pastelería Doña Leyda, en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi. Para ello, se requiere de técnicas artesanales y habilidades transmitidas entre generaciones.

No obstante, se debe visualizar que la industria agroalimentaria en la actualidad se enfrenta a la necesidad de integrar prácticas sostenibles en la producción de alimentos para reducir su impacto ambiental y asegurar la disponibilidad de recursos para las futuras generaciones (Briceño León et al., 2021) (Soares et al., 2021). En este sentido, la producción de premezclas en polvo para pastelería contribuye a la sostenibilidad al optimizar el uso de ingredientes, reducir desperdicios y mejorar la eficiencia energética en la elaboración de productos. Además, el desarrollo de premezclas con ingredientes locales puede apoyar a la economía regional y fomentar prácticas agrícolas sostenibles. De modo que asegure la calidad y trazabilidad de los insumos utilizados. A partir de lo anterior expresado, se propone como objetivo general diseñar un modelo de producción sostenible con premezclas estandarizadas para mejorar eficiencia, calidad y respuesta al mercado. Para ello, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las fortalezas y debilidades de la Pastelería Doña Leyda mediante un análisis detallado de su operación, servicios ofrecidos y preferencias del consumidor.
- Diseñar estrategias de mejora y crecimiento para la Pastelería Doña Leyda basadas en la comparación con competidores locales, las preferencias del mercado y las tendencias de consumo en la industria de la repostería.

## Materiales y métodos

Este proyecto investigativo emplea un enfoque mixto, descriptivo y cuasiexperimental transversal (Tramullas, 2020). Se realizan pruebas en laboratorios de cocina, análisis de la composición química del producto y el tiempo de vida útil. Incluso se comparan pasteles hechos con la receta original y con una premezcla en polvo.

Se visitan pastelerías en La Maná para identificar sabores del mercado y mejorar estrategias. Según el INEC y el PDOT, la población proyectada para 2023 es de 15,341 personas. Al utilizar un muestreo por conveniencia, se encuestan 375 personas entre transeúntes, trabajadores del sector y consumidores.

Se seleccionan expertos, al incluir Chefs Pasteleros y la propietaria de la Pastelería Doña Leyda, para entrevistas y un Focus Group con diez profesionales para evaluar la aceptación de los productos propuestos. Por otra parte, se aplican encuestas con para analizar tendencias de consumo.

Mientras tanto, se analizan la premezcla en polvo elaborada en un laboratorio de cocina y analizada en el laboratorio SAQMIC para determinar la composición nutricional y vida útil.

La metodología DAFO, o análisis FODA, se revela como una herramienta indispensable al estudiar el caso de la Pastelería Doña Leyda en el contexto de la industria de



la repostería (Wu et al., 2024). De modo que permite una evaluación integral de la situación actual de la pastelería. Incluso orienta la formulación de estrategias efectivas para su crecimiento y sostenibilidad en un mercado en constante evolución (Guilabert et al., 2024).

## Resultados-discusión

### Caso de estudio: Optimización de la producción en Pastelería Doña Leyda

Antecedentes: La Pastelería “Doña Leyda” inició hace más de 20 años como el pasatiempo de una ama de casa que, al experimentar en la cocina, creó sus propias recetas y las compartía con familiares y amigos. El negocio creció gracias a las recomendaciones de sus clientes, al superar la capacidad de producción. En la actualidad, “Doña Leyda” se dedica a la elaboración de una variedad de pasteles, tanto secos como fríos, y es un negocio familiar que ofrece repostería y pastelería bajo pedido. Esto incluye bocaditos de sal y dulce, así como pasteles artesanales personalizados decorados en fondant, crema o mixtos, para todo tipo de evento. El crecimiento de la empresa ha generado la necesidad de contar con premezclas para la elaboración de pasteles, ya que su

inexistencia limita la capacidad de producción y dificulta la contratación de personal debido al riesgo de divulgación de las recetas.

### Comparación con la competencia y preferencias del consumidor en la Pastelería Doña Leyda

Pastelería Doña Leyda, Panadería El Relámpago y Sweet Land destacan por su rapidez en la atención, a diferencia de Dulce Cleo y Tortas Mami Ceci. La Pastelería Doña Leyda debe competir con Panadería El Relámpago y Sweet Land, quienes también sobresalen en amabilidad, entrega de información, tiempos de entrega y adecuación del espacio al servir al cliente.

Observaciones adicionales incluyen que Pastelería Doña Leyda no vende pasteles por porciones y Sweet Land tiene un espacio reducido, al obligar a la atención de pie. La personalización de pasteles en Pastelería Doña Leyda se clasifica en tres categorías: personalizado, semi-personalizado y genérico. De modo que constituye la primera opción la de mayor libertad para el cliente. En términos de diversidad de sabores, Pastelería Doña Leyda ofrece más de 7, seguido de Dulce Cleo y Tortas Mami Ceci con 4, Sweet Land con 2 y Panadería El Relámpago con 1 sabor, pero con distintos rellenos (ver tabla 1).

**Tabla 1:** Evaluación de pastelerías competidoras.

Pastelería	Variación de sabores	Atención al cliente	Espacio para consumir	Observaciones
Doña Leyda	7	Buena	No	Faltan opciones de porciones.
Panadería El Relámpago	1	Excelente	No	Solo vende por piezas.
Sweet Land	2	Excelente	No	Espacio reducido, solo atención de pie.
Dulce Cleo	4	Deficiente	Sí	
Tortas Mami Ceci	4	Deficiente	Sí	

**Fuente:** Elaboración propia.

Pastelería Doña Leyda y Panadería El Relámpago carecen de espacio para el consumo en el establecimiento y la atención es insuficiente. El 66% de los encuestados compra en lugares especializados en productos de panadería, y los sabores de pastel más preferidos son chocolate (55%) y vainilla (47%) (ver tabla 2). En cuanto a preferencias, investigaciones para futuras compras, el sabor “Mocca” se visualiza como el más popular (50%), seguido de otros sabores como pistacho y Nutella (24%) (ver tabla 3). Sin embargo, se ha observado que la mayoría de los encuestados (58%) estarían dispuestos a pagar \$28 por un pastel.

**Tabla 2:** Preferencias de sabores de pasteles.

Sabor	% Preferencia	Calificación promedio
Chocolate	55%	5
Vainilla	47%	5
Tres Leches	37%	4
Coco	28%	5
Naranja	23%	3
Frutos Secos	32%	4

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3:** Preferencias de compra futura.

Sabor	% Disposición de compra
Mocca	50%
Otros	24%
Yogur	15%
Matcha	9%

**Fuente:** Elaboración propia.

Los expertos coinciden en el uso premezclas de pasteles en polvo para agilizar la producción y mejorar la estandarización, ahorro de espacio, optimización del tiempo, calidad y rentabilidad económica. También consideran que hay interés por los clientes en pasteles artesanales elaborados con premezclas.

La implementación de premezclas en polvo ha mostrado ser efectiva en mejorar la eficiencia productiva de la Pastelería Doña Leyda. Los resultados indican una aceptación positiva tanto de consumidores como de expertos, al destacar la calidad y el sabor de los productos. La premezcla de sabor Mocca se presentó como un ejemplo exitoso en términos de composición nutricional y evaluación sensorial (ver tabla 4 y 5).

**Tabla 4:** Fichas técnicas de ingredientes clave.

Ingrediente	Proveedor	Especificaciones técnicas	Análisis nutricional (por cada 100g)	Usos recomendados	Condiciones de almacenamiento
Harina de trigo.	Industria Molinera	Tipo: Fina, Alérgenos: Gluten	364 kcal, Grasas: 1.2g, Carbohidratos: 73.5g, Calcio: 15mg, Hierro: 4.6mg	Panes, pasteles, masas.	Lugar fresco y seco, alejado de la luz directa del sol.
Cacao alcalino.	Cofina	Tipo: Fina, Humedad: Máx 5%, Alérgenos: Gluten	228 kcal, Grasas: 13g, Carbohidratos: 58g, Calcio: 128mg, Hierro: 13.9mg, Zinc: 3.3mg	Panes, pasteles, masas, helados, postres congelados.	Ambiente fresco y seco, evitar exposición directa al sol.
Azúcar micropulverizada.	Levapan	Tipo: Fina	480 kcal, Carbohidratos: 120g, Sodio: <5mg	Panes, pasteles, masas.	Lugar fresco y seco, alejado de la luz directa del sol.
Leche en polvo.	Nestlé	Tipo: Fina	224 kcal, Grasas: 0.9g, Carbohidratos: 37g, Vitamina A: 500 IU, Vitamina D: 120 IU, Calcio: 1000mg	Panes, pasteles, masas.	Lugar fresco y seco, alejado de la luz directa del sol.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 5:** Información nutricional de ingredientes para la receta sabor Mocca.

Ingrediente	Energía (kcal)	Grasa Total (g)	Colesterol (mg)	Sodio (mg)	Carbohidratos Totales (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Harina	364	1.2	-	2	73.5	15	4.6	-
Cacao	228	13	-	20	58	128	13.9	3.3
Café	5	-	-	-	0.87	-	-	-
Leche en Polvo	244	0.9	-	100	37	1000	0.1	-
Azúcar Glas	480	<1	-	<5	120	-	-	-

**Fuente:** Elaboración propia.

*Técnica DAFO para la evaluación técnica de la Pastelería Doña Leyda.*

El crecimiento de La Pastelería Doña Leyda se debe a la calidad de sus productos y la fidelidad de sus clientes.

Para optimizar y mantener la competitividad, se debe realizar una evaluación al usar la técnica DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) de la pastelería (ver tabla 6).

**Tabla 6:** Análisis DAFO de la Pastelería Doña Leyda.

Fortalezas	Debilidades
Calidad del producto: Alta calidad de pasteles y repostería. Variedad de sabores: Amplia variedad con al menos siete opciones. Reputación y fidelidad del cliente: Sólida base de clientes leales. Personalización de productos: Capacidad de crear pasteles personalizados. Innovación en premezclas: Optimización del tiempo de producción.	Espacio físico limitado: Falta de espacio para el consumo en el local. Dependencia de recetas tradicionales: Riesgo en la escalabilidad del negocio. Atención al cliente inconsistente: Áreas de mejora en rapidez y eficiencia. Oferta de porciones: No se venden pasteles por porciones.
Oportunidades	Amenazas
Expansión del mercado: Creciente demanda de productos artesanales. Diversificación de productos: Introducción de nuevos sabores y productos. Mejoras en el servicio al cliente: Implementación de sistemas más eficientes. Adopción de tecnología: Uso de tecnología para gestión y optimización. Marketing y promoción: Aumento de actividades de marketing y promoción.	Competencia intensa: Presencia de competidores con buen servicio y variedad. Cambio en las preferencias del consumidor: Preferencias por opciones saludables. Incertidumbre económica: Fluctuaciones económicas afectan el poder adquisitivo. Regulaciones y normativas: Cumplimiento de nuevas regulaciones en la industria.

**Fuente:** Elaboración propia.

La Pastelería Doña Leyda se encuentra principalmente en el cuadrante de Fortalezas y Oportunidades (FO). Este cuadrante indica una situación favorable donde la pastelería puede aprovechar sus fortalezas internas para capitalizar las oportunidades del entorno. El análisis DAFO revela que la Pastelería Doña Leyda tiene una sólida base de fortalezas, especialmente en la calidad y variedad de sus productos, así como en la fidelidad de sus clientes.

Sin embargo, debe abordar ciertas debilidades como la falta de espacio para el consumo de productos y la dependencia en recetas tradicionales. Las oportunidades para expandir el mercado, diversificar productos y mejorar el servicio al cliente son prominentes y deben ser aprovechadas estratégicamente. Al mismo tiempo, la pastelería debe estar atenta a las amenazas del mercado competitivo y adaptarse a las cambiantes preferencias del consumidor y la economía. Con un enfoque adecuado en la implementación de premezclas y una estrategia de marketing robusta, Doña Leyda se proyectaría como líder en el mercado de la repostería artesanal en Cotopaxi.

#### *Plan de acción para optimizar y mantener la competitividad en la Pastelería Doña Leyda.*

El plan de acción propuesto para la Pastelería Doña Leyda permite una implementación organizada y efectiva de las estrategias para abordar las debilidades, aprovechar las oportunidades y consolidar su posición en el mercado (ver tabla 7 y 8).

Objetivo general: Potenciar las fortalezas y aprovechar las oportunidades presentes en el mercado para expandir la presencia de la Pastelería Doña Leyda. Además, de diversificar la oferta de productos, mejorar la eficiencia del servicio al cliente y consolidar su posición como líder en la repostería artesanal en Cotopaxi.

Objetivos específicos:

- Ampliar el espacio físico para mejorar la experiencia del cliente.
- Diversificar y personalizar la oferta de productos.
- Mejorar la rapidez y eficiencia del servicio al cliente.
- Implementar tecnología para optimizar la gestión y producción.
- Fortalecer las estrategias de marketing y promoción.

**Tabla 7:** Estrategias para potenciar la competitividad en el mercado.

<b>Estrategia</b>	<b>Descripción</b>
Expansión del local.	Realizar un análisis de factibilidad y presupuesto para expandir el espacio físico de la pastelería. Remodelar el local para crear un ambiente acogedor para los clientes.
Venta de porciones.	Ampliar la oferta de productos para incluir opciones de porciones individuales. Diseñar vitrinas atractivas para mostrar las porciones de pasteles disponibles.
Introducción de nuevos sabores.	Investigar las preferencias de los clientes para lanzar nuevos sabores y productos. Crear y comercializar nuevos sabores basados en los resultados de las encuestas y focus groups.
Personalización de productos.	Ofrecer más opciones de personalización a los clientes, al incluir decoraciones y combinaciones de sabores. Organizar eventos y talleres para enseñar a los clientes a personalizar los pasteles.
Capacitación del personal.	Capacitar al personal en atención al cliente. Crear un programa de incentivos para motivar al personal a mejorar el servicio al cliente.
Optimización del proceso.	Utilizar tecnología para facilitar los pedidos y mejorar la logística de entrega. Optimizar los procesos de entrega para aumentar la eficiencia.
Adopción de tecnología de gestión.	Utilizar un ERP para gestionar de manera eficiente los recursos y procesos de la pastelería. Implementar un software para gestionar el inventario y reducir desperdicios.
Optimización de la producción.	Utilizar premezclas para mejorar la consistencia y rapidez en la producción de pasteles. Monitorear continuamente la calidad de las premezclas y hacer ajustes según sea necesario.
Aumento de la visibilidad en línea.	Crear una página web que facilite la realización de pedidos en línea y los pagos. Implementar estrategias de marketing en redes sociales para aumentar la visibilidad y atraer nuevos clientes.
Campañas de promoción y publicidad.	Desarrollar y ejecutar campañas de publicidad para aumentar la visibilidad de la pastelería en la comunidad y en línea. Ofrecer descuentos y promociones especiales para atraer nuevos clientes y fidelizar a los existentes.
Participación en eventos y ferias.	Aumentar la visibilidad de la pastelería, al participar en eventos locales y ferias de alimentos. Invitar a los clientes potenciales a probar los productos mediante degustaciones y demostraciones en el local.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 8:** Implementación y seguimiento.

Fase	Descripción	Tiempo estimado
Fase 1: Evaluación y planificación.	Realizar estudios de viabilidad y encuestas de mercado. Planificar el presupuesto y los recursos necesarios para cada acción.	1-2 meses
Fase 2: Ejecución.	Comenzar con las remodelaciones y ampliaciones del local. Lanzar nuevos productos y sabores. Implementar el sistema de pedidos en línea y ERP. Iniciar campañas de marketing y promoción.	3-6 meses
Fase 3: Monitoreo y evaluación	Monitorear el progreso de cada acción y realizar ajustes según sea necesario. Evaluar la satisfacción del cliente y el impacto de las nuevas estrategias. Realizar reuniones periódicas para revisar el avance y establecer nuevas metas.	Continuo

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados del estudio sugieren que la empresa se enfoque en la calidad de sus productos, la innovación en empaques reciclables y la diferenciación en el mercado local para mantener su posición frente a la competencia emergente. En cuanto a la implementación de premezclas estandarizadas en la Pastelería Doña Leyda demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia y la calidad de los productos. Además, se recomienda la gestión

eficiente de los tiempos de producción y la atención a las tendencias del consumidor. Incluso se propone que se proyecte a futuro la ejecución del plan de acción propuesto. De modo que potencie la competitividad en el mercado y se consolide como líder en la repostería artesanal en Cotopaxi. Conjuntamente, se exhorta a fomentar la implementación de prácticas sostenibles que optimicen el uso de recursos y reduzcan los residuos (ver tabla 9).

**Tabla 9:** Optimización en el uso de recursos.

Acción	Descripción	Racionalidad	Implementación
Gestión de residuos (compostaje y reciclaje).	Establecer un sistema de compostaje y reciclaje.	Reducción de desechos en vertederos.	Implementar sistemas y capacitar al personal.
Equipos de cocina energéticamente eficientes.	Sustituir equipos antiguos por modelos eficientes.	Reducción del consumo de electricidad y agua.	Sustituir equipos y establecer rutinas de mantenimiento.
Técnicas de ahorro de agua.	Instalar dispositivos de ahorro de agua.	Conservación de recursos hídricos.	Instalar dispositivos y promover prácticas de conservación.

**Fuente:** Elaboración propia.

## Conclusiones

La investigación en la Pastelería Doña Leyda ha resaltaado la relevancia de la personalización de productos y la calidad del servicio como elementos fundamentales para diferenciarse en un mercado competitivo de la industria de la repostería. Estos hallazgos no solo han beneficiado el negocio local estudiado, sino que también ofrecen pautas aplicables a otros negocios similares que buscan destacarse y fidelizar a su clientela.

Los resultados obtenidos brindan valiosas lecciones sobre la necesidad de la innovación constante y la adaptación a las preferencias del consumidor en un entorno empresarial en evolución. De modo que sirven como base para futuras investigaciones orientadas a mejorar la gestión de negocios familiares en el sector de la pastelería y repostería.

La investigación realizada en la Pastelería Doña Leyda se vislumbra la necesidad de explorar estrategias

específicas de marketing y gestión de recursos. De modo que permitan a emprendedores similares no solo mantenerse relevantes en el mercado actual, sino también anticiparse a las tendencias futuras. Asimismo, se han abierto oportunidades de investigación en torno al impacto de la tecnología y la sostenibilidad en la producción y comercialización de productos de repostería artesanal.

## Referencias bibliográficas

Briceño León, M., Pazmiño Quishpe, D., Clairand, J. M., & Escrivá Escrivá, G. (2021). Energy Efficiency Measures in Bakeries toward Competitiveness and Sustainability-Case Studies in Quito, Ecuador. *Sustainability*, 13(9), 5209. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5209>

- Eduardo, K., Bedoya Perales, N., Escobedo Pacheco, E., & Saldaña, E. (2024). Sensory and consumer science as a valuable tool to the development of quinoa-based food products: More than three decades of scientific evidence. *Scientia Agropecuaria*, 15(2), 251-267. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172024000200251&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172024000200251&script=sci_arttext)
- Guilabert, M., Sánchez-García, A., Asencio, A., Marrades, F., García, M., & Mira, J. J. (2024). Retos y estrategias para recuperar y dinamizar la atención primaria. Metodología DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades)-CAME (Corregir, Afrontar, Mantener y Explotar) en un departamento de salud. *Atención primaria*, 56(3), 2-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656723002421>
- Hughes, J., Vaiciurgis, V., & Grafenauer, S. (2020). Flour for Home Baking: A Cross-Sectional Analysis of Supermarket Products Emphasising the Whole Grain Opportunity. *Nutrients*, 12(7), 1-5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400821/>
- Melby, C. L., Orozco, F., Averett, J., Muñoz, F., Romero, M. J., & Barahona, A. (2020). Agricultural Food Production Diversity and Dietary Diversity among Female Small Holder Farmers in a Region of the Ecuadorian Andes Experiencing Nutrition Transition. *Nutrients*, 12(8), 2454. <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/8/2454>
- Mesta Corral, M., Gómez García, R., Balagurusamy, N., Torres León, C., & Hernández Almanza, A. Y. (2024). Technological and Nutritional Aspects of Bread Production: An Overview of Current Status and Future Challenges. *Foods*, 13(13), 2062. <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/13/2062>
- Pedret Massanet, C., López Lago Ortiz, L., & Allen Perkins, D. (2023). From stigma to haute cuisine: Strategies, agents, and discourses in the revalorisation of Carob as a gourmet product. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31(March), 3-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X23000197>
- Salazar, D., Arancibia, M., Silva, D. R., López Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Exploring the Potential of Andean Crops for the Production of Gluten-Free Muffins. *Agronomy*, 11(8), 1642. <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1642>
- Soares, P., Secci Martinelli, S., Barletto Cavalli, S., & Davó-Blanes, M. C. (2021). Methodological proposal to explore the healthy and sustainable food service purchasing. *Gaceta Sanitaria*, 35(2), 204-207. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32414535/>
- Thi Kim Vu, O., Duarte Alonso, A., Bressan, A., Tran, L. N., & Nguyen, T. T. (2024). The development of “chefs’ innovative cooktop”: A creative self-efficacy and open innovation perspective. *International Journal of Hospitality Management*, 118(April), 2-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278431923002384>
- Tramullas, J. (2020). Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica. *El profesional de la información*, 29(4), 2-6. <https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/77328>
- Wu, J., Zhao, N., & Yang, T. (2024). Wisdom of crowds: SWOT analysis based on hybrid text mining methods using online reviews. *Journal of Business Research*, 171(January), 1-8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296323007373>

# 08

Recibido: mayo, 2024 Aceptado: julio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Comportamiento pronóstico de *Alternaria solani* Sor en cultivo tomate en tres campañas de la ETPP Caunao

Prognostic behavior of *Alternaria solani* Sor in tomato crops in three campaigns of the ETPP Caunao

Fernando Iglesias Royero<sup>1\*</sup>

E-mail: [figlesias437@gmail.com](mailto:figlesias437@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8308-5091>

María Rosa Núñez González<sup>2</sup>

E-mail: [mununez@ucf.edu.cu](mailto:mununez@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6181-8864>

Daymí Castillo Galbán<sup>2</sup>

E-mail: [castillogalbandaimy@gmail.com](mailto:castillogalbandaimy@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5216-7388>

Guillermo Cabrera Pérez<sup>2</sup>

E-mail: [guillecabreraperez@gmail.com](mailto:guillecabreraperez@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4154-410X>

Yaquelin Hermiaga Cabrera<sup>2</sup>

E-mail: [yaquelin14011976@gmail.com](mailto:yaquelin14011976@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1515-3694>

<sup>1</sup>Estación Territorial de Protección de Plantas de Caunao. Cienfuegos, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Iglesias Royero, F., Núñez González, M. R., Castillo Galbán, D., Cabrera Pérez, G. y Hermiaga Cabrera, Y. (2024). Comportamiento pronóstico de *Alternaria solani* Sor en cultivo tomate en tres campañas de la ETPP Caunao. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 54-57. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

Con el objetivo de comprobar el comportamiento del pronóstico de *Alternaria solani* Sor en el cultivo del tomate en tres campañas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 en el territorio de la Estación Territorial de Protección de Plantas de Caunao (ETPP Caunao), Cienfuegos, se analizó fenoclimatograma de la enfermedad, evaluándose comportamiento de influencia en variables climáticas según pronóstico de *A. solani*. Resultados: primeros brotes del tizón temprano se producen antes de los 30 días de trasplantado el cultivo, el patógeno presente desde las primeras siembras en septiembre, la siembra óptima debe ser en noviembre. Conclusiones: En la evaluación del comportamiento de la influencia de las variables climáticas en las tres campañas, las temperaturas, precipitaciones, humedad fueron óptimas para dar inicio a la enfermedad, luego, tuvieron un comportamiento favorable para el desarrollo del patógeno en el cultivo.

### Palabras clave:

*Alternaria solani* Sor, Variables climáticas, Fenoclimatograma.

### Abstract

With the aim of verifying the behavior of the *Alternaria solani* Sor forecast in tomato cultivation in three campaigns 2014-2015, 2015-2016 and 2016-2017 in the territory of the Caunao Territorial Plant Protection Station (ETPP Caunao), Cienfuegos, phenoclimatogram of the disease was analyzed, evaluating influence behavior on climatic variables according to *A. solani* forecast. Results: the first outbreaks of early blight occur within 30 days of transplanting the crop, the pathogen is present from the first sowings in September, the optimal sowing should be in November. Conclusions: In the evaluation of the behavior of the influence of climatic variables in the three campaigns, temperatures, precipitation, and humidity were optimal to initiate the disease, then they had a favorable behavior for the development of the pathogen in the crop.

### Keywords:

*Alternaria solani* Sor, Climatic variables, Phenoclimatogram.

## Introducción

El cambio climático representa en la actualidad uno de los principales retos que tiene la civilización humana para su sobre vivencia. Tanto la variabilidad climática como el cambio climático son los principales precursores de las enfermedades de las plantas. Las alteraciones que provocan en la sincronía entre la fenología de los cultivos y los patrones de las enfermedades afectan la distribución espacial de las zonas agroecológicas, los hábitats y los patrones de distribución de enfermedades, lo que podría tener un impacto significativo en los cultivos y en la producción de alimentos (Morales Pivaral, 2021).

El tomate es el cultivo hortícola de mayor difusión a nivel mundial, la segunda en producción y la de mayor valor económico, reconociéndose la existencia de millares de variedades de tomate, como el pera, calibre intermedio o tipo canario, calibre grueso, tomate para recolección en ramillete, con el típico color rojo, aunque también existe de colores naranja y amarillo, en este cultivo la incidencia de las altas temperaturas por encima de 35°C, son favorables para la aparición de plagas y enfermedades que tienen un impacto importante sobre el rendimiento productivo del mismo (Cajamar, 2018).

El hongo fitopatógeno *Alternaria solani* perteneciente a la familia Pleosporaceae, es una enfermedad en el cultivo conocida como tizón temprano que se caracteriza por afectar al follaje y estar difundida en zonas húmedas y de altas temperaturas (Agrotips, 2022), luego, al considerar dichas circunstancias, el objetivo del artículo, que presenta el colectivo de autores, es: analizar el comportamiento del pronóstico de *Alternaria solani* en el cultivo del tomate en tres campañas en el territorio de la Estación Territorial de Protección de Plantas de Caunao, en el municipio Cienfuegos.

## Materiales y métodos

Para la realización de los fenoclimatógramas se tomaron de los resultados de las observaciones en los campos estacionarios, Informes de campañas y su actualización en el periodo 2014-2015, 2015-2016, y 2016-2017 correspondiente a las tres campañas del cultivo del tomate en el territorio de Caunao. Fueron analizadas las variables climáticas de temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa y las precipitaciones, además de las afectaciones por la enfermedad y la fenología del cultivo en que se presentó. Para evaluar el comportamiento de la influencia de las variables climáticas sobre el pronóstico se utilizaron los datos obtenidos de los análisis de los fenoclimatógramas y se confeccionaron gráficos y tablas por cada campaña en estudio.

## Resultados y discusión

La investigación se realizó en la Estación Territorial de Protección de Plantas de Caunao ubicada en el municipio Cienfuegos en periodo correspondiente a las campañas: 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017; en ello, se realizó el

análisis de los fenoclimatógramas del hongo fitopatógeno *Alternaria solani* Sor en las campañas mencionadas anteriormente, información procesada mediante procedimiento en números y porcentajes y expuesta mediante la representación gráfica.

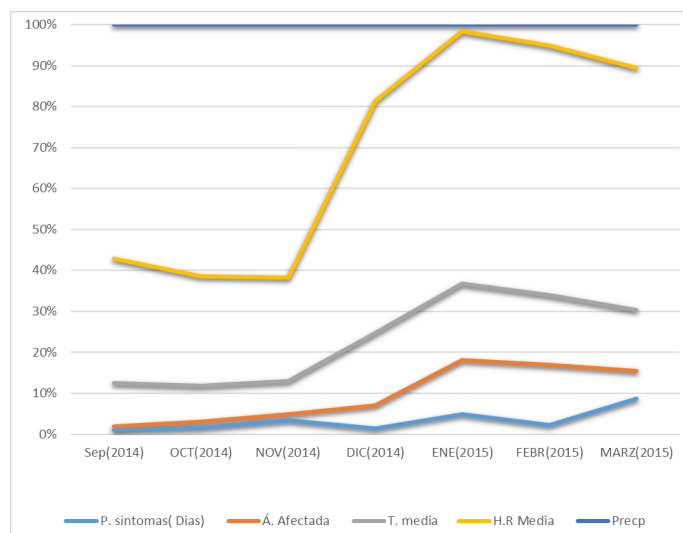
En la evaluación del comportamiento de la influencia de las variables climáticas sobre el pronóstico de la enfermedad *Alternaria solani* los valores promedios de temperatura, humedad relativa y precipitaciones correspondientes a la campaña 2014-2015 se representan en la Tabla 1, en lo referido a la temperatura los promedios oscilaron entre 22,4 y 28,6 °C para la humedad relativa 73 y 89 % y las precipitaciones de 2 hasta 200mm, es decir que si se tiene en cuenta el pronóstico para la *Alternaria* todos los valores favorecieron la presencia de la enfermedad en el territorio durante toda la campaña.

**Tabla 1.** Valores medios de temperatura, humedad relativa y precipitaciones del municipio de Cienfuegos en la campaña 2014-2015.

Meses	Temperatura Media (°C)	Humedad relativa Media (%)	Precipitaciones (mm)
Septiembre	28,6	83	156
Octubre	27,3	82,5	190
Noviembre	26,5	81,4	200
Diciembre	24,0	79	26
Enero	22,7	75	2
Febrero	23,3	73	7
Marzo	22,4	89	16

Fuente: LAPROSAV Cienfuegos. 2015

**Fig. 1.** Frecuencia de aparición de los primeros síntomas, área afectada y variables climáticas del tizón temprano del tomate en el periodo 2014-2015 en el municipio Cienfuegos



Fuente: Elaboración propia

La fenología y las variables climáticas son dos elementos importantes para la realización de los fenoclimatogramas, en el gráfico uno se muestran los resultados del comportamiento de la aparición de la enfermedad, área afectada y variables climáticas, donde hubo de aparecer el patógeno *A. solani* desde el mes de septiembre por condiciones favorables de temperatura, humedad y precipitaciones que antecedieron al inicio de campaña donde se vio reflejado en las áreas de semilleros, coincidiendo con lo planteado por Martínez; Barrios, Robesti & Santos (2007).

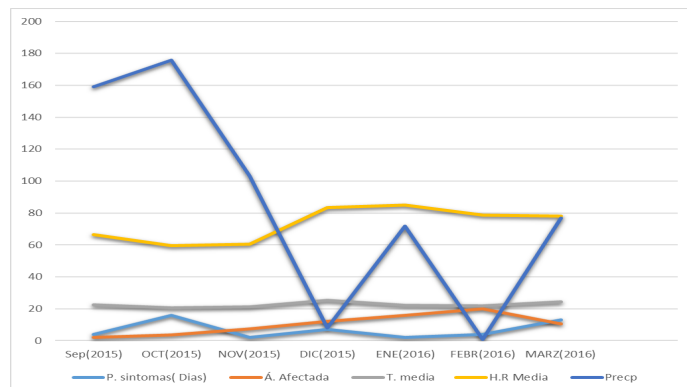
La Tabla 2, muestra las variables climáticas de temperaturas, humedad y precipitaciones en la campaña 2015-2016 donde estas estuvieron en rangos de 20,6 a 25,2 °C la temperatura, 59 a 84 % la humedad y las precipitaciones de 0.8 a 175.8 mm, considerando que todas estas condiciones son óptimas para el inicio de la enfermedad *A. solani* en el territorio. Alonso (2013); plantea que el patógeno encuentra condiciones muy favorables para su desarrollo bajo las condiciones de Cuba, donde las temperaturas medias oscilan entre 23 y 30°C, rango favorable para la mayoría de los procesos biológicos de este patógeno.

**Tabla 2.** Valores medios de temperatura, humedad relativa y precipitaciones del municipio de Cienfuegos en la campaña 2015-2016.

Meses	Temperatura Media (°C)	Humedad relativa Media (%)	Precipitaciones (mm)
Septiembre	22,6	66,5	159
Octubre	20,6	59	175,8
Noviembre	21,0	60	103,3
Diciembre	25,2	83	8,1
Enero	22,1	84	71,6
Febrero	21,9	78	0,8
Marzo	24,2	78	76,9

Fuente: LAPROSAV Cienfuegos. 2016.

**Fig. 2.** Frecuencia de aparición de los primeros síntomas, área afectada y variables climáticas del tizón temprano del tomate en el período 2015-2016 en el municipio Cienfuegos.



Fuente: Elaboración propia

En análisis realizado de las variables climáticas temperatura, humedad y precipitaciones de la campaña 2016-2017 en la Tabla 3, se reflejan un comportamiento de 21,2 a 25,3 °C las temperaturas, 68 a 81% la humedad relativa y las precipitaciones de cero a 135,3 mm. Estas condiciones les favorecen el desarrollo del patógeno. Como se refleja en la tabla en el mes de diciembre no hubo caída de precipitaciones esto no justifica que no haya presencia de la enfermedad porque hay áreas con sistemas de riego donde se propician estos riegos, además de la agrotécnica que se le realiza al cultivo y la posibilidad de que la fuente de inóculo del patógeno pueden permanecer de un año para otro si se repiten las mismas áreas de siembra, datos que coinciden con lo referido por. Martínez, Barrios, Robesti, & Santos (2007); quienes plantean que los síntomas del tizón temprano, bajo las condiciones de Cuba, pueden aparecer en cualquier estadio fenológico del cultivo. (Tabla 3)

**Tabla 3.** Valores medios de temperatura, humedad relativa y precipitaciones del municipio de Cienfuegos en la campaña 2016-2017.

Meses	Temperatura Media (°C)	Humedad relativa Media (%)	Precipitaciones (mm)
Septiembre	26,7	82	168
Octubre	25,3	81	135,3
Noviembre	22,9	74	0,5
Diciembre	24,6	73	0
Enero	23,1	73	13
Febrero	21,2	71	38,9
Marzo	22,4	68	85,5

Fuente: LAPROSAV Cienfuegos. 2017.

Resultó de importancia considerar que la presencia de la enfermedad desde el inicio de la campaña está relacionada con la existencia de inóculo del patógeno, el cual puede permanecer en el suelo desde campañas anteriores debido al uso continuado de las áreas para la siembra del cultivo, y a la existencia de ciertos niveles de infección en otras solanáceas silvestres y cultivadas, durante casi todo el año. Este criterio coincide con el planteado por Castellanos (2012); quien realizó un amplio estudio de hospederos alternativos.

A manera de resumen se puede afirmar que, mediante los análisis realizados en las campañas comprendidas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017, del comportamiento del patógeno *A. solani* en el cultivo del tomate, se logró comprobar que en el municipio Cienfuegos los primeros brotes del tizón temprano se producen antes de los 30 días de trasplantado el cultivo, y el patógeno se encuentra presente desde las primeras siembras en septiembre.

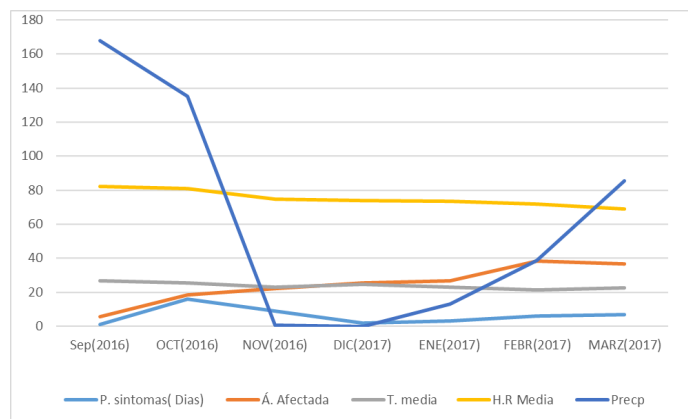
El mes de noviembre está considerado como óptimo para la siembra del cultivo y los síntomas primarios del tizón temprano aparecen en la primera decena.

Las diferencias entre el comportamiento de la enfermedad, en el territorio del municipio Cienfuegos pueden



tener relación con la capacidad del patógeno de adaptarse a diferentes condiciones ambientales lo cual ha sido demostrado por diferentes autores en el mundo y en Cuba: Márquez (2007). Figura 3.

**Fig. 3.** Frecuencia de aparición de los primeros síntomas, área afectada y variables climáticas del tizón temprano del tomate en el período 2016-2017 en el municipio de Cienfuegos.



**Fuente:** Elaboración propia

## Conclusiones

Las variables climáticas, temperatura, humedad relativa y precipitaciones demostraron ser fundamental en desarrollo del cultivo y su comportamiento brindando una incertidumbre con la información que se recibe por pronóstico al municipio Cienfuegos. Los fenoclimatógramas de las campañas 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 en análisis realizados demostraron que el patógeno *A. solani* puede estar presente en el cultivo del tomate desde la fenología del semillero hasta la floración y fructificación a temperaturas que pueden oscilar en un rango mayores de 18°C, humedad relativa de 60 a 84 % y precipitaciones mayores de 0.5mm; situación que convoca a la realización de una propuesta para la actualización de los datos climáticos que se reciben por pronóstico.

## Referencias bibliográficas

- Alonso, J.L. (2013). La papa y el tizón tardío; La papa y el calentamiento global. Bitácora de Papa. *Revista Agroecosistema 1* (2) 187-201.
- Agronotips (2022). Síntomas y control de *Alternaria* en tomate. Centro Regional INIA La Platina. <https://www.portalfruticola.com/>.
- Cajamar, (2018). Las consecuencias del cambio climático en la horticicultura mediterránea <https://empresaspo-relclima.es/>.
- Castellanos, L. (2012). Manejo integrado de *Alternaria solani* Sor. en papa. Saarbrücken, Alemania. Editorial Academia Española.

Martínez E.; Barrios G.; Robesti L. y Santos R. (2007). Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Cuba. CNSV, Entrepueblos.

Márquez, M. (2007). Consideraciones sobre el papel de los ecosistemas agrícolas en la mitigación del cambio climático. *LEISA 24* (4)14-16. ISSN: 1729-7419. Perú.

Morales Pivaral, K. R. (2021). El cambio climático y sus impactos en los patógenos de las plantas. [Proyecto Especial de Graduación] .Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Ingeniería Agronómica

# 09

Recibido: abril, 2024    Aceptado: mayo, 2024    Publicado: agosto, 2024

## Procedimiento general para la valoración económica de experimentos agrícolas

General procedure for the economic valuation of agricultural experiments

---

Evelyn Beatriz Lanza González<sup>1\*</sup>

E-mail: [eblanza@ucf.edu.cu](mailto:eblanza@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4364-8870>

Jorge Luis Pérez Gutiérrez<sup>1</sup>

E-mail: [jlperez@ucf.edu.cu](mailto:jlperez@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8910-3895>

Yhosvanni Pérez Rodríguez<sup>1</sup>

E-mail: [yprodriguez@ucf.edu.cu](mailto:yprodriguez@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>

Cintia Beatriz Pérez Lanza<sup>1</sup>

E-mail: [clanza@ucf.edu.cu](mailto:clanza@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-4359>

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cienfuegos. Cuba.

\*Autor para la correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lanza González, E. B., Pérez Gutiérrez, J. L., Pérez Rodríguez, Y. y Pérez Lanza, C. B. (2024). Procedimiento general para la valoración económica de experimentos agrícolas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2),58-66. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La universidad como centro de educación superior se encarga de la formación de profesionales y a la investigación, acciona en sectores como la agricultura en la búsqueda de soluciones para mejorar los rendimientos productivos y el control de plagas contribuyendo con ello a la transformación agraria. En los experimentos agrícolas se evalúan varios parámetros para seleccionar los tratamientos de mayor impacto en las producciones. Es necesario establecer parámetros cuantificado del resultado económico de la investigación que posibiliten fundamentar los criterios de selección en los experimentos. El presente trabajo tiene como objetivo proponer un procedimiento general para efectuar la valoración económica de experimentos agrícolas; y con ello dar respuesta a cómo valorar el resultado de un experimento y qué índices o parámetros utilizar para seleccionar el mejor tratamiento. Este procedimiento ha sido utilizado y perfeccionado en investigaciones anteriores, y se presenta en este trabajo para valorar económicamente el “*Uso de plaguicidas de origen botánicos como alternativa en el manejo de plagas en granos de maíz almacenados*”, y obtener el parámetro o indicador económico Costo del grano protegido y analizar la tendencia del comportamiento de este costo por tratamientos respecto al tratamiento control.

Palabras clave:

*Sitophilus oryzae*, Costo protección, Maíz.

### Abstract

The university as a center of higher education is responsible for the training of professionals and research, active in sectors such as agriculture in the search for solutions to improve productive yields and pest control, thereby contributing to agricultural transformation. In agricultural experiments, several parameters are evaluated to select the treatments with the greatest impact on production. It is necessary to establish quantified parameters of the economic result of the research that make it possible to base the selection criteria on the experiments. The present work aims to propose a general procedure to carry out the economic valuation of agricultural experiments; and thereby respond to how to assess the result of an experiment and what indices or parameters to use to select the best treatment. This procedure has been used and perfected in previous research, and is presented in this paper to economically assess the “*Use of pesticides of botanical origin as an alternative in pest management in stored corn grains*”, and obtain the parameter or economic indicator Cost of protected grain and analyze the trend of the behavior of this cost by treatments with respect to control treatment.

Keywords:

*Sitophilus oryzae*, Cost protection, Maize.

## Introducción

El desarrollo sostenible como concepto se refiere a “la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones” (Organización de las Naciones Unidas, 1987), el avance social y económico hacia una vida sana y productiva son cuestiones que también se incluyen actualmente en esta concepción; estrechamente vinculado a este concepto se encuentra el de agricultura sostenible; que comprende la necesidad de producir alimentos ambientalmente sanos, socialmente aceptables y que estén económicamente al alcance de todos es una preocupación del hombre; esta triada constituye una condición para lograr la sostenibilidad, y se requiere para ello que se mantenga equilibrada en el tiempo.

Hoy se aspira a que *“cada persona disponga de alimentación básica en cantidad y calidad acorde a sus necesidades nutricionales”* (Borrego & Enrique, 2020), y al “... acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria -PESA- Centroamérica, 2011); tal es el concepto de seguridad alimentaria en la actualidad.

Para lograr la seguridad alimentaria se requieren transformaciones en la agricultura que apunten a la sostenibilidad. Una labor muy importante en este empeño lo juega la universidad, ya que además de institución formadora de profesionales participa activamente en procesos de investigación y proyección social; se concibe como una institución encargada de *“desarrollar e implementar sistemas eficaces de extensión, que recojan los resultados de investigación en tecnologías adecuadas a nuestro medio, lleguen e impacten positivamente en el sector rural, con soluciones innovadoras para implementar sistemas productivos sostenibles”* (Rizo, M et al., 2017).

En búsqueda de soluciones se han realizado experimentos por la Universidad de Cienfuegos y el Centro Universitario Municipal (CUM) de Lajas; estos se relacionan con la aplicación de materia orgánica -producida por los campesinos- y microorganismos eficientes en fincas del municipio, y como resultado se obtuvo un incremento del rendimiento por hectárea de los cultivos boniato (*Ipomoea batatas*), ajo (*Allium sativum* L.), pepino (*Cucumis sativus*) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) clon CMC- 40; igualmente con la utilización de técnicas de siembra diferentes para el frijol chino (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) se pudo constatar los resultados satisfactorios obtenidos.

En la investigación “Diez especies de Myrtaceae como alternativa para el control de *Sitophilus oryzae* en la semilla de *Zea mays*, L”, realizada en el Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible (CETAS) de la Universidad de Cienfuegos, acerca de la producción y utilización de alternativas naturales para la conservación de la semilla de maíz almacenada en la producción

agropecuaria local, en Cienfuegos, se pudo constatar que el empleo de productos como los polvos vegetales de hojas y los aceites esenciales de especies botánicas posibilitan el control de plagas, garantizan la conservación, tienen la ventaja de ser productos degradables, y además, causan un mínimo impacto al ser humano y al medioambiente.

Los investigadores para presentar los resultados obtenidos en estos experimentos necesitaron de una valoración económica que le permitiera complementar la selección de los tratamientos con mejores resultados; es por ello que se procedió a realizar un procedimiento para valorar económicamente los experimentos; este procedimiento se diseñó y perfeccionó en cada investigación realizada; y respondió a las necesidades de cada investigador. El presente trabajo tiene como objetivo proponer un procedimiento general para efectuar la valoración económica de experimentos agrícolas; y con ello dar respuesta a cómo valorar el resultado de un experimento y qué índices o parámetros utilizar para seleccionar el mejor tratamiento.

## Materiales y métodos

En la investigación, se utilizó el método histórico lógico para precisar criterios generales y el comportamiento de los rendimientos agrícolas con la utilización de materia orgánica y microorganismos eficientes en diferentes cultivos; también se analizó lo referente a el empleo de técnicas de siembra diferente a las tradicionales; y el control de plagas de insectos a partir de la utilización de dos alternativas naturales; polvos vegetales y extractos de aceites esenciales.

El análisis de documentos legislativos y de investigaciones realizadas por otros autores; propició la metodología vigente utilizada para diseñar el procedimiento para valorar económicamente el experimento.

El análisis y la síntesis permitieron el diseño de un procedimiento general y flexible para aplicarse a los experimentos agrícolas; en aras de constatar la efectividad del tratamiento de mejores resultados; y establecer los índices o parámetros que complementan la selección del investigador.

## Resultados y discusión

Al hablar de seguridad alimentaria, se deben mencionar todos *“los factores que están involucrados como son la agricultura, la alimentación, la nutrición y la salud”* (Bautista, et. al., 2020); la transformación de la agricultura y la búsqueda la sostenibilidad requiere de un cambio de mentalidad en los pequeños agricultores y de instituciones relacionadas con la agricultura para aplicar tecnologías que favorezcan la producción y el cuidado del medio ambiente.

La protección y cuidado del medio ambiente requiere el control o sustitución de insecticidas y plaguicidas químicos, ya que “las principales desventajas de su uso han

sido la contaminación al ambiente y la resistencia de los insectos plaga, esto ha ocasionado daño en el ambiente y resistencia” (Hernández, A. et. al., 2020), investigaciones realizadas en Colombia se refieren al “...deterioro de los suelos cultivables y problemas ambientales debido a su uso excesivo” (Campos, M. et. al., 2022), además “... **el imprudente uso de plaguicidas ha conducido al incremento de plagas**” (Sánchez, et. al., 2023), “...**el uso no autorizado de plaguicidas, como la aplicación en momentos inadecuados o en cultivos no registrados, es un riesgo potencial para el medio ambiente y la salud humana**” (López, et al., 2019), en México se estima que el uso de “**estos productos tienen graves consecuencias en diversas áreas como la salud humana, impactando hasta al 78% de los agricultores expuestos o a quienes los aplican**” (Zelaya, L et al., 2022), además “...**estudios epidemiológicos realizados indican que la exposición a los plaguicidas está asociada en gran medida con el “cáncer gástrico, de pulmón, de vejiga, y enfermedades hematológicas**” (Paz, C. et al., 2019).

La población demanda una mayor cantidad de alimentos; y el maíz constituye un grano de relevante importancia para la alimentación humana y animal, para su conservación se demanda el uso de plaguicidas, y es una necesidad que “**estos productos deben ser tóxicos selectivos para los organismos objetivos, ser biodegradables y ecológicos**” (Ortega, et al., 2023), otros investigadores también abordan lo referente a las plagas en el cultivo del maíz y los problemas de su almacenamiento, los resultados obtenidos señalan que “...**alternativas como biopesticidas, extractos botánicos y control biológico emergen como opciones viables y sostenibles**” (Carranza, et al., 2023).

El almacenamiento del maíz en condiciones adecuadas, como temperaturas y humedad controladas, para prevenir la proliferación de plagas de almacenamiento (Zea, 2023) es una opción, pero la afectación por subespecies de “**insectos *Sitophilus oryzae oryzae*, *Sitophilus oryzae zeamais* son las causantes de las mayores pérdidas por afectaciones en condiciones de almacenamiento. *S. oryzae* es considerada la plaga más importante de los cereales en zonas tropicales húmedas**” (Nwaubani, et. al., 2014)”

La utilización de alternativas biológicas para combatir esta plaga en almacenes, silos e instalaciones de la industria molinera y transportación de alimentos, influye positivamente sobre la salud del hombre, los animales y el ambiente (Da Silva, et. al., 2020)

La experimentación con diferentes especies botánicas ha demostrado las posibilidades de utilizar polvos de hojas y aceites esenciales en el control de insectos. Estos plaguicidas de origen botánico han cobrado auge debido a que son apropiados para su aplicación en pequeñas cantidades del grano almacenado por productores agrícolas, “... **además, pueden llegar a ser menos tóxicos que los insecticidas químicos y son fácilmente biodegradables**” (Isman & Machial, 2006).

La experimentación agrícola como término se relaciona “**con los diseños clásicos, réplicas, tratamientos controlados, un monitoreo estructurado y análisis multivariado, muchas veces incluyendo modelos matemáticos para la comparación de variables y su influencia en los indicadores**” (Leitgeb, F. et al., 2008), “**puede ser definido como la disposición en tiempo y espacio de las variantes o tratamientos**” (Ruesga, I. et al., 2005), y representa el recurso que tiene el investigador para encontrar respuestas a interrogantes que surgen continuamente en la evolución de la actividad agropecuaria, permite conocer los mejores procedimientos para lograr nuevos avances en la producción.

La experimentación agrícola atraviesa por diferentes etapas:

- Planeación y realización: está compuesta por actividades que se realizan para comprender y tratar el problema del experimento; y por la realización de pruebas.
- Análisis: en esta fase se utilizarán métodos estadísticos para analizar los datos, con el fin que los resultados y las condiciones sean objetivas y no de carácter apreciativo.
- Interpretación: con el respaldo del análisis estadístico formal, se debe analizar a detalle todo el proceso de experimentación para observar los nuevos aprendizajes.
- Control y conclusiones finales: después de interpretar los datos, se debe extraer las conclusiones prácticas de los resultados, es recomendable efectuar pruebas de confirmación para validar las conclusiones del experimento, y con base a los resultados.

El desarrollo de experimentos agrícolas permite encontrar respuestas a interrogantes que surgen continuamente en la evolución de la actividad agropecuaria, se puede conocer los mejores procedimientos para lograr nuevos avances en la producción; para validar el uso de tecnologías que además de mejorar los resultados de la producción contribuyan a la transformación agraria sostenible.

Referente a experimentación agrícola se debe señalar la tendencia que existe en la actualidad a utilizar biopreparados, materia orgánica, fitoplaguicidas y otros productos en experimentos agrícolas, la utilización de estos productos ha estado marcada por dos cuestiones fundamentales:

Necesidad de utilizar productos que no dañen la salud humana, y que no comprometan el medio ambiente.

La imposibilidad de Cuba de acceder a mercados para adquirir productos básicos a utilizar en la agricultura, ante el férreo bloqueo económico y financiero.

La experimentación agrícola con bioproductos como los microorganismos eficientes ha demostrado la validez de esta propuesta, el incremento del rendimiento de los cultivos, el fortalecimiento de las plantas para enfrentar plagas a partir de la activación de estos microorganismos

en el suelo, son algunos de los beneficios obtenidos a partir de utilizar esta tecnología que tiene una repercusión en lo social, lo productivo, lo medioambiental y en lo económico.

En la literatura consultada acerca del tema, los resultados que se analizan son en su mayoría relacionados con parámetros propios del cultivo tales como: hojas por plantas, masa seca, número de frutos, tamaño de la raíz, etc.; se analiza también lo referente al impacto en el medio ambiente y en lo social para las comunidades de productores agrícolas; pero pocos son los autores que abordan lo económico como parámetro complementario en el análisis de los resultados de los experimentos.

La experimentación agrícola constituye una vía para la introducción de nuevas tecnologías o la modificación de las ya existentes; la necesidad de reorientar la producción agrícola con el empleo de bioproductos y la aplicación de materia orgánica constituyen la aplicación de la ciencia al proceso productivo, este accionar impacta de diversas formas, entre ellas se encuentran:

- Social: el hombre acciona desde la ciencia y el empleo de la tecnología para modificar la producción, con ello se transmiten experiencias y saberes del investigador al productor y viceversa, lo que trae consigo una retroalimentación entre ambas partes.
- Productivo: la aplicación de la tecnología incide en el incremento del rendimiento de los diferentes cultivos, y en la calidad del alimento.
- Económico: incrementa el beneficio económico del productor, a partir del incremento de la producción.
- Medioambiental: se sustituyen productos químicos por medios biológicos, bioproductos, materia orgánica, entre otros, incidiendo en la protección de suelos, ecosistemas y del hombre.

El impacto no se encuentra de manera individual, lo social; lo productivo, lo económico y lo medioambiental se encuentran vinculados entre sí, y como resultado de la experimentación agrícola se debe señalar también, su vínculo con la innovación que *“...es una idea, una práctica o un objeto que es percibido como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción”* (Roger, 1995); y se considera que se innova cuando los resultados del experimento son satisfactorios.

De todo experimento agrícola se debe cuantificar el beneficio económico, para ello se emplea la valoración económica, que se pone a disposición del investigador con parámetros o índices que muestran de forma complementaria qué tratamiento tuvo el mejor resultado económico, y a partir de la combinación con parámetros de producción se realiza la selección del mejor tratamiento, es por ello que la combinación de los resultados productivos y económicos es una necesidad. *“...la decisión de emplear una alternativa u otra debe fundamentarse en los beneficios que aportan cada una de estos”* (Lanza, et al., 2020),

El análisis del resultado económico por tratamientos constituye el punto de partida para la selección del mejor tratamiento, en algunos experimentos la utilidad o la pérdida obtenida indica en un primer momento cuál es la mejor opción, y es por ello que debe constituir el parámetro principal; en otros experimentos se analiza en qué tratamiento se minimizan los costos, todo depende del experimento que se realice, de lo que se quiera demostrar, pero para todos los experimentos por lo general, se deben calcular los costos y gastos de forma diferenciada por tratamientos; y si procede los ingresos generados.

Los ingresos representan la producción obtenida valorada a precio de venta; el cálculo de los costos y los gastos requiere un análisis más complejo; para ello es necesario delimitar las fases del experimento; y en cada una de ellas:

- Identificar las actividades realizadas
- Clasificar los costos en directos e indirectos
- Calcular los costos directos de materiales y fuerza de trabajo o salarios en dependencia de las actividades y de su frecuencia o repetición en cada tratamiento
- Calcular los costos asociados o indirectos en dependencia de los niveles de actividad que se realicen en cada tratamiento

Todo ello posibilita calcular el **Costo Total** del experimento por cada tratamiento, al que se le adicionan los gastos incurridos después de terminada la producción y los gastos por concepto de tributos y otras obligaciones para obtener el **Total de Costos y Gastos** por tratamientos, de esta forma se puede calcular la **Utilidad Neta** por tratamiento al deducir del **Total de Ingresos** el **Total de Costos y Gastos**, como se muestra a continuación en la fórmula 1:

$$UN = TI - TCG \quad (1)$$

Donde se define que

UN: es la Utilidad Neta por tratamientos

TI: es el Total de Ingresos por tratamientos

TCG: es el Total de los Costos y Gastos por tratamientos

Este resultado posibilita conocer el tratamiento donde se maximiza la utilidad; o establecer qué tratamiento es más económico al presentar el total de costos y gastos más bajo. Para calcular los ingresos totales (TI) se dispone de los plaguicidas de origen botánicos producidos (kg) por el precio calculado según ficha de costo, se muestra a continuación en la fórmula 2:

$$IT = Py * Y \quad (2)$$

Donde se define que:

IT: es el ingreso total obtenido en el experimento

Py: Precio de venta oficial (de acuerdo a la calidad del producto)

Y: toneladas del producto agrícola obtenido y que se comercializa

Para el cálculo de los costos totales de producción se debe tener en cuenta las distintas fases del experimento, o sea en costos de la inversión, costos del experimento, costos de mantenimiento y los costos del resultado final, desagregados en directos e indirectos.

Los costos directos son aquellos que tienen una implicación directa en el experimento, y que no requieren de un proceso de distribución, su cálculo se puede representar a continuación como en la fórmula 3:

$$CTd = Px * X \quad (3)$$

Donde se define que:

CTd: es el costo total directo del experimento

Px: salario o precio de insumos del experimento

X: Nivel de actividad, horas trabajadas o cantidades consumidas

Los costos asociados con el experimento, que clasifican como indirectos, se cuantifican a partir de distribuciones que se realizan de estos, de acuerdo a la base de distribución que se seleccione, ejemplo de ello lo constituye el consumo de energía eléctrica, el consumo de agua, la depreciación, etc.

Distribución primaria ver fórmula 4:

$$CTi = T * Xt \quad (4)$$

Donde se define que:

CTi = Costo total indirecto o asociado

T = tarifa de consumo

Xt = Nivel de actividad total

Distribución secundaria:

Para asignar costos indirectos o asociados al experimento se debe proceder a presentar la relación siguiente:

Al costo total indirecto o asociado le corresponde un nivel de actividad total.

Al costo indirecto o asociado del experimento le corresponde el nivel de actividad del experimento.

Es decir:

**CTi es a Xt**

**CTe es a Xe**

Entonces se puede presentar la fórmula 5:

$$CTe = (CTi * Xe) / Xt \quad (5)$$

Donde:

CTe: Costo total indirecto o asociado del experimento

CTi: Costo total indirecto o asociado

Xe: Nivel de actividad del experimento agrícola

Xt: Nivel de actividad total

Para el cálculo del Costo Total se expresa a través de la fórmula 6:

$$C_T = C_I + C_E + C_M + C_R \quad (6)$$

Donde:

C<sub>T</sub>: Costo total del experimento

C<sub>I</sub>: Costos de la inversión inicial del experimento

C<sub>E</sub>: Costos del experimento aplicación fitoplaguicida

C<sub>M</sub>: Costos de mantenimiento del experimento

C<sub>R</sub>: Costos de resultados finales

Para el cálculo del Total de Costos y Gastos (TCG) se calcula mediante la sumatoria del Costo Total (C<sub>T</sub>) más los gastos incurridos por tributos y otros gastos, ver en la fórmula 7:

$$TCG = C_T + G_T \quad (7)$$

**Donde:**

TCG: Total de Costos y Gastos

C<sub>T</sub>: Costo total del experimento

G<sub>T</sub>: Gastos por tributos y otros gastos

A partir de estos criterios se diseñó un procedimiento general para efectuar la valoración económica de experimentos agrícolas; su diseño tiene dos características muy importantes:

- General: puede aplicarse a los experimentos agrícolas donde se cuantifique ingresos (si proceden), costos y gastos; para conformar parámetros económicos complementarios en la selección del mejor tratamiento.
- Flexible: su estructura posibilita que se adapte a las características del experimento; y responda a las necesidades del investigador.

El procedimiento diseñado para efectuar la valoración económica en experimentos agrícolas, tiene como objetivo reunir de forma organizada en un documento todas las acciones secuenciales que se deben realizar para obtener el parámetro fundamental (que debe ser definido anticipadamente), este representa el punto de partida para el cálculo e interpretación de índices o razones de los parámetros económicos a tener en cuenta de forma complementaria por el investigador agrícola para seleccionar el mejor tratamiento.

Para diseñar el procedimiento se tuvieron en cuenta tres aspectos fundamentales:

Verificar los puntos o asuntos que serán abordados: en este punto se especifica el objetivo del procedimiento; qué finalidad tiene, y a hacia qué o quién va dirigido, es decir de qué experimento agrícola se trata, cuál es su finalidad, dónde se realizó, quienes participaron, procesos que apoyaron al experimento, etc.

Detallar del procedimiento: en esta parte se recopila la información a partir de observar cómo se realiza el experimento, debe tener implícito las etapas o fases del experimento, las actividades que se van a realizar de forma organizada, y cronológicamente, se debe además conocer

los costos incurridos de acuerdo a determinado nivel de actividad que se establezca (horas trabajadas, kw consumidos, etc.)

Elaborar el procedimiento: Esta última técnica deberá explicar el cómo se realiza, quién lo hace, de cómo calcular el costo en las distintas etapas o fases del experimento, en qué gastos se incurrirán, y finalmente el análisis de los parámetros económicos complementarios que se proponen para la toma de decisiones, según los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos.

Para elaboración del procedimiento para la valoración económica debe tenerse en cuenta:

- Caracterizar el experimento agrícola
- Definir los parámetros productivos que serán objeto de análisis.
- Delimitar las diferentes etapas o fases del experimento de acuerdo a lo que se persigue demostrar.
- Organizar cronológicamente las diferentes etapas del experimento a partir de la secuencia lógica de las actividades realizadas
- Establecer cómo determinar los ingresos, los costos y los gastos.
- Presentar los resultados del parámetro económico principal y de los complementarios que le permitirán al investigador tomar una decisión acerca de que tratamiento es el mejor.

Estructura del procedimiento general diseñado para la valoración económica de experimentos agrícolas:

- **Introducción:** breve explicación del procedimiento; se explicará para que tipo de experimento debe utilizarse, el parámetro fundamental a obtener; los índices o razones que se calcularán a partir de este, para ser interpretados de acuerdo a su comportamiento, se debe incluir las condiciones en que se realizó el experimento a partir de la información que brinda el investigador.
- **Objetivo:** en él se define de forma clara qué se persigue en el contenido del procedimiento.
- **Alcance:** identifica hasta donde abarca el procedimiento y para qué tipo de experimento debe usarse.
- **Referencia:** tiene en cuenta todos los documentos legislativos que regulan el procedimiento.
- **Términos y definiciones:** definir los que sean necesarios para evitar falsas interpretaciones.
- **Descripción:** se realizará una breve caracterización del experimento; se presenta en un orden cronológico las labores y acciones realizadas por el investigador. Se establece como determinar ingresos, costos y gastos incurridos en el experimento para determinar el parámetro o indicador principal; y el cálculo de los

índices o razones complementarios que de este se derivan, que contribuirán a la selección de los mejores tratamientos.

- **Presentación de resultados:** Se presenta la valoración económica del experimento, en forma de informes o tablas, o una combinación de ambos, de forma tal que el investigador agrícola comprenda desde el punto de vista económico que tratamiento es el de mejores resultados a partir de los parámetros económicos complementarios seleccionados.
- **Conclusiones finales:** se presentarán los resultados de los parámetros productivos declarados por el investigador obtenidos en los diferentes tratamientos a lo que se le agregará el criterio de la valoración económica; la selección de un tratamiento u otro será una decisión que debe tomar el investigador agrícola.
- **Anexos: mediante tablas anexas y de proporciones** se exponen los cálculos utilizados para determinar el material directo, la mano de obra directa y los costos indirectos o asociados distribuidos en las etapas o fases del experimento.

El procedimiento diseñado que se presenta en este trabajo se utilizará para valorar económicamente los resultados del experimento del proyecto “Desarrollo y uso de plaguicidas de origen botánico como alternativas en el manejo de plagas en granos de maíz”; que se desarrolla por el CETAS; en la Universidad de Cienfuegos.

Debido a la complejidad del experimento, el procedimiento abarca cálculo del Total de Costos y Gastos incurridos en el proceso de producción de los plaguicidas de origen botánico que se aplicará, y en el proceso de crianza intensiva del *Sitophilus oryzae* que se utilizará en los diferentes tratamientos; se costeará el experimento en sus diferentes etapas y por tratamiento. Se calcularán los gastos que se incurren en el proyecto por concepto de tributos y otros gastos para conformar el Total de Costos y Gastos del experimento por tratamiento, y se establecerán los indicadores siguientes:

1. Costo de protección (Referente al Total de Costos y Gastos fitoplaguicida producido y que se utilizará).
2. Costo del grano de maíz protegido (Total de Costos y Gastos por la aplicación de los diferentes fitoplaguicidas).
3. Comportamiento del costo por protección del grano de maíz almacenado (tendencia con respecto al tratamiento de control).

El procedimiento diseñado permite utilizar las tablas en la determinación del Total de Costos y Gastos de los fitoplaguicidas producidos que se utilizarán en el experimento; este total representa el Costo de Protección; también se utilizarán en la determinación del total de costos y gastos incurridos en la crianza del *Sitophilus oryzae*; este costo se adicionará a cada tratamiento; según se muestra en el esquema siguiente (figura 1):

**Fig. 1.** Esquema del procedimiento general para efectuar la valoración económica de los experimentos agrícolas.



**Fuente:** elaboración propia.

Para facilitar el proceso de los cálculos de los costos y gastos se diseñaron tablas en Excel con la estructura siguiente:

1. Tabla de Información General (información del experimento)
2. Tabla para el Total de Ingresos (solo se utilizará para el experimento de fitoplaguicidas en el caso que se decida establecer precios de venta del producto)
3. Tabla para el Total de Costos y Gastos del experimento por tratamientos:
  - 3.1. Tabla complementaria para el Costo de Materiales Directos
  - 3.2. Tabla complementaria para el Costo de la Fuerza de Trabajo
  - 3.3. Tabla complementaria para los Costos asociados al experimento
  - 3.4. Tabla complementaria para los Tributos y otros gastos
4. Tabla para presentar la Valoración económica

En la tabla no. 3 **Total de Costos y Gastos del experimento por tratamientos** quedarán cuantificados todos los costos y gastos incurridos en el experimento analizado por tratamientos, por fases del experimento, y por los elementos del gasto Material Directo, Gastos de la Fuerza de Trabajo y los Gastos asociados al experimento (indirectos), también se tendrán en cuenta los tributos que constituyen gastos, y que posibilitará conformar el Total de Costos y Gastos del experimento por tratamientos.

En la tabla complementaria para el **Costo de Materiales Directos** quedarán cuantificados todos los materiales que directamente se consumirán en el experimento, analizado por fases, distribuidos por tratamientos. Su valoración se realiza multiplicando la cantidad de materiales por su precio de adquisición o su costo calculado, distribuido por tratamiento de acuerdo a las normas de consumo que se establezcan. Se incluyen los costos de las hojas recolectadas de las plantas, el costo del cereal utilizado para la crianza intensiva del *Sitophilus oryzae*, y el costo del maíz a utilizar en los diferentes tratamientos. Serán incluidos

además, los otros costos de otros materiales que se utilizarán en el experimento (frascos, bolsas de nylon, etc.).

En la tabla complementaria para el **Costo de la Fuerza de Trabajo** (salarios) quedarán cuantificados todos los costos incurridos en las diferentes actividades realizadas por los técnicos que participan en el experimento, se analizará por fases, y se distribuirá por tratamientos. Se cuantificarán estos costos de acuerdo a las horas trabajadas en las diferentes actividades.

En la tabla complementaria para los **Costos Asociados** al experimento quedarán cuantificados los costos incurridos por concepto de otros materiales usados indirectamente, la energía eléctrica consumida, el agua utilizada, la depreciación de los equipos empleados de acuerdo a su tasa y las horas de utilización de estos en el experimento, otros gastos por concepto de servicios recibidos, etc., analizado por fases, distribuidos por tratamientos, de acuerdo a las bases de distribución que se determinen.

En la tabla complementaria para los **Tributos y otros gastos** se cuantificarán los tributos que constituyen gastos, para ello se aplicará el tipo impositivo sobre la base imponible de acuerdo con la ley tributaria vigente. Serán considerados como otros gastos los relacionados con el envase, la transportación, etc.

En la tabla para presentar la **Valoración económica** se mostrará el cálculo de los indicadores definidos en este procedimiento y que posibilitarán realizar la valoración económica del experimento. A partir de esta tabla se presentará el informe final a los investigadores con los resultados y los criterios del análisis realizado.

En la primera tabla para la valoración económica se presenta el cálculo del **Costo del grano protegido** por fases o etapas del experimento, y por tratamiento según el criterio de algunos investigadores, la finalidad de este parámetro es determinar qué tratamiento es menos costoso, la estructura de la tabla 1 es la siguiente:

**Tabla. 1.** Cálculo del Costo del grano protegido.

Costos y Gastos del experimento	T 1	T n	Total Experimento
Costos de la Inversión inicial del experimento			
Costos del experimento "Aplicación de Fitoplaguicidas"			
Costos de Mantenimiento del experimento			
Costos de los resultados del experimentos			
<b>COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO</b>			
Tributos y otros gastos			
<b>COSTOS DEL GRANO PROTEGIDO</b>			

**Fuente:** Elaboración propia.

En la segunda tabla para la económica se presenta el **Comportamiento del costo por protección del grano de maíz almacenado**, para ello se realiza un análisis de tendencia para comparar cada tratamiento con respecto al tratamiento de control, la tabla 2 tiene la estructura siguiente:



**Tabla. 2.** Comportamiento del costo por protección del grano de maíz almacenado.

Tratamientos	Costos y Gastos del Grano Protegido		Variaciones con respecto al Testigo	
	Testigo	Tratamientos	Absolutas	%
T 1				
T 2				
T 3				
T 4				
T 5				
T n				

**Fuente:** Elaboración propia.

El procedimiento general diseñado para la valoración económica de los experimentos agrícolas brinda las ventajas siguientes:

- Describe de manera detallada todos los pasos que se deben seguir para realizar la valoración económica.
- Constituye una guía del trabajo a ejecutar.
- Le proporciona al investigador una visión más integral del experimento acerca del cual se realiza la valoración.
- Indican de forma explícita, la interrelación entre los elementos que conforman el indicador o parámetro principal declarado en la valoración.
- Posibilita el enriquecimiento del análisis a partir de la información procesada para su posterior interpretación.
- Contribuye a la selección del mejor tratamiento, y con ello a consolidar el criterio del investigador desde el punto de vista económico.

El procedimiento general diseñado para la valoración de experimentos agrícolas es de utilidad para el investigador porque posibilita realizar el trabajo de forma planificada y organizada, se establece desde el primer momento el indicador principal y a partir de su composición se realiza el procesamiento de la información, en dependencia de las características del experimento, se organizará la información a procesar, y se precisarán, además, las combinaciones de los diferentes tratamientos.

El procedimiento diseñado es flexible; aplicable a las particularidades de los experimentos agrícolas; posibilita además la revisión del diseño, su perfeccionamiento, y la creación de tablas de salida de la información que sintetizan los resultados obtenidos; es por ello que a partir de su diseño y aplicación el mejoramiento de este procedimiento es de carácter continuo, en búsqueda de su perfeccionamiento en función de la investigación que se realiza.

## Conclusiones

El procedimiento general diseñado para efectuar la valoración económica de experimentos agrícolas puede ser empleado en el experimento “*Uso de plaguicidas de*

*origen botánico como alternativas en el manejo de plagas en granos de maíz almacenado*”; es un procedimiento que está concebido para costear en un primer momento la producción de los fitoplaguicidas y la crianza del *Sitophilus oryzae* que se utilizarán en el experimento, y en un segundo momento conformar en Costo del grano protegido, parámetro económico complementario a tener en cuenta en este experimento en el momento de seleccionar el mejor tratamiento, opcionalmente posibilitará además, conocer el comportamiento de este costo mediante un análisis de tendencia por tratamiento con respecto al tratamiento de control; es por ello que se recomienda la utilización de este procedimiento.

## Referencias Bibliograficas

- Bautista, V, Ken, C, & Keita, H. (2020). El papel de la agricultura en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Quintana Roo: Un ciclo autosostenido. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional versión*, 30(56). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2395-91692020000200119](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-91692020000200119)
- Borrego, P & Enrique, C. (2019). Cambio climático, inseguridad alimentaria y obesidad infantil. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45(3). [https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662019000300014&](https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662019000300014&)
- Campos, M, Angulo, I, & Echavarría, M. (2022). Evaluación de técnicas para el control biológico en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey- Casanare, Colombia. *Revista EIA*, 20(39), 1-24.
- Carranza, M, Contreras, M, Macias, M, Pincay, P, Rendón, E, & Herrera, R. (2023). Uso de los pesticidas y su efecto en el cultivo de Zea mays: Una revisión de la literatura. *Código Científico Revista de Investigación*, 4, 1258-1286. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/nE2/219>
- Da Silva, C, Rodríguez, Y, Valdez, R, Castellano, L, & Álvarez, A. (2020). Actividad de los polvos vegetales de *Eugenia asperifolia* O. Berg sobre *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: Curculionidae). e *L. Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 156-157.
- Ortega, J, Ávila, J, Ayón, F, Morán, J, Álvarez, A, & Flores, H. (2023). Utilización de plaguicidas por agricultores en Puerto La Boca, Manabí. Una reflexión sobre sus posibles consecuencias. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 47-65.
- Hernández, A, Estrada, B, Rodríguez, R, García, J, Patiño, S, & Osorio, E. (2020). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342019000400803](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000400803)

- Isman, M & Machial, C. (2006). Capítulo 2 Plaguicidas a base de aceites esenciales vegetales: De la práctica tradicional a la comercialización. *Avances en Fitomedicina Volumen*, 3, 29-44. [https://doi.org/10.1016/S1572-557X\(06\)03002-9](https://doi.org/10.1016/S1572-557X(06)03002-9)
- Lanza, E, Rodríguez, Y, & Pérez, J. (2020). Comportamiento del costo de protección para la conservación de semilla de maíz, mediante alternativas naturales. *Revista Cooperativismo y Desarrollo*, 8. <https://coodes.upr.edu.cu/index.php/coodes>
- Leitgeb, F, Sanz, E, Kummer, S, Ninio, R, & Vogl, C. (2008). La Discusión académica sobre los experimentos de los agricultores una síntesis. *Pastos y Forrajes*, 31(1), 3-24.
- López, E, Ramos, L, Houbraken, M, Du Laing, G, Romero, O, & Spanoghe, P. (2019). Conocimiento y uso práctico de plaguicidas en Cuba. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 51-70. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1282](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1282)
- Nwaubani, S, Opit, G, Otiodun, G, & Adesida, M. (2014). Eficacia de dos diatomeas derivadas de Nigeria contra *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) y *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) en trigo. *Revista de Investigación de Productos Almacenados*, 59, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.04.001>
- Organización de Naciones Unidas. (1987). *Informe de Brundtland «Nuestro futuro común»*. ONU. <https://es.scribd.com/document/277069060/Resumen-informe-Brundtland>
- Paz, C, Martínez, S, Paz, C, & Acosta, M. (2019). Uso de plaguicidas y su consecuencia en la leucemia linfocítica y mieloides en trabajadores agrícolas. *Mikarimin*, 5(1), 111-130. <http://45.238.216.13/ojs/index.php/mikarimin>
- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en Centroamérica. (2011). *Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos Básicos*. <https://www.pesacentroamerica.org>
- Rizo, M, Vuelta, D, & Lorenzo, A. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, 2, 106-120.
- Rogers. (1995). *Diffusion of innovations*. Free Press.
- Ruesga, I, Peña, E, Exposito, I, & Gardon, D. (2005). *Libro de experimentación agrícola*. Editorial Universitaria. <https://www.researchgate.net/publication/329880204>
- Sánchez, E, Herrera, S, César, L, Gavilánez, F, Valarezo, N, & Valencia, P. (2023). Monitoreo de insectos plaga mediante SIG aplicados al cultivo de *Oryza sativa* L. en Naranjal, Ecuador. *Manglar*, 20(1), 56-57.
- Zea, I. (2023). Plagas y Enfermedades del cultivo de Maíz. *Idema Agropecuaria producción de cereales y leguminosas*, 1. [https://books.instituto-idema.org/sites/default/files/2023\\_05\\_21\\_15\\_41\\_01\\_ivanzeacasani@gmail.com/Plagas\\_y\\_Enfermedades\\_en\\_el\\_Cultivo\\_de\\_Maiz.pdf](https://books.instituto-idema.org/sites/default/files/2023_05_21_15_41_01_ivanzeacasani@gmail.com/Plagas_y_Enfermedades_en_el_Cultivo_de_Maiz.pdf)
- Zelaya, L, Chávez; I, de los Santos, S, Cruz, C, Ruíz, S, & Rojas, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Publicación especial* (27). [https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_issues](https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_issues).

# 10

Recibido: abril, 2024 Aceptado: junio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## **Incremento de celulosa con empleo de enzimas naturales (Brom./Pap.) y síntesis de Nanocelulosa a partir de cascarilla de arroz**

Increase in cellulose using natural enzymes (Brom./Pap.) and synthesis of nanocellulose from rice husk

---

Ricardo Hernández Pérez<sup>1\*</sup>

E-mail: [santaclara57@yahoo.es](mailto:santaclara57@yahoo.es)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1264-7242>

Rene Salgado Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [rene.sd@zacatepec.tecnm.mx](mailto:rene.sd@zacatepec.tecnm.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0313-6283>

Alfredo Olarte Paredes<sup>1</sup>

E-mail: [alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx](mailto:alfredo.op@zacatepec.tecnm.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0959-6766>

Gilda H. Martínez Freyre<sup>2</sup>

E-mail: [martinezfgh@hotmail.com](mailto:martinezfgh@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0125-2521>

Guadalupe Cayetano Fuentes<sup>2</sup>

E-mail: [19091192@itdurango.edu.mx](mailto:19091192@itdurango.edu.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5284-1408>

Liliana G. Salazar Trujillo<sup>1</sup>

E-mail: [l19091236@zacatepec.tecnm.mx](mailto:l19091236@zacatepec.tecnm.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5864-7654>

<sup>1</sup>National Technological Institute of Mexico/Technological Institute of Zacatepec, Mexico.

<sup>2</sup> National Technological Institute of Mexico. Technological Institute of Durango. México.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Hernández Pérez, R., Salgado Delgado, R., Olarte Paredes, A., Martínez Freyre, G. H., Cayetano Fuentes, G. y Salazar Trujillo, L. G. (2024). Incremento de celulosa con empleo de enzimas naturales (Brom./Pap.) y síntesis de nanocelulosa a partir de cascarilla de arroz. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 67-72. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La nanocelulosa, es considerado un material innovador con aplicaciones en la biotecnología, lo que ha revolucionado la ciencia y el medio ambiente, pudiendo suplir el plástico y el vidrio en la creación de nuevos dispositivos. Con este ensayo se incrementó el rendimiento de Celulosa, a partir de tratamientos previos de cascarilla de arroz con enzimas naturales (Bromelina y Papaína) (44%), favorecido cuando se usó 10% de CaCl<sub>2</sub> (47%). Al evaluar un protocolo ajustado, usando un complejo enzimático con exo y endonucleasas, se pudo sintetizar nanocelulosa (CNCs) en rango de 200 nm. Aunque los resultados son satisfactorios, se necesita mejorar el manejo para obtener rendimientos superiores.

### Palabras clave:

Proteólisis, Hidrólisis, Nanopartículas, Bromelina, Papaina, Contaminante ambiental, Biomasa.

### Abstract

The nanocellulose is considered an innovative material with applications in biotechnology, which has revolutionized science and the environment, and can replace plastic and glass in the creation of new devices. With this test, the yield of Cellulose was increased, from previous treatments of rice hulls with natural enzymes (Bromelain and Papain) (44%), advantaged after using 10% CaCl<sub>2</sub> (47%). By evaluating an adjusted protocol, using an enzyme complex with four exo and endonucleases, nanocellulose (CNCs) could be synthesized in the 200 nm range. Although the results are satisfactory, management needs to be improved to obtain higher yields.

### Keywords:

Proteolysis, Hydrolysis, Nanoparticles, Bromelain, Papain, Environmental pollutant, Biomass.

## Introducción

Como resultado de la gran industria arroceras en Morelos, la generación de cascarilla de arroz (*Oryza sativa* L.) se ha convertido en un residuo abundante, que llega a ser uno de los mayores contaminantes del campo. Algunos resultados recientes han permitido usar esta biomasa para la producción de celulosa con el fin de desarrollar una alternativa sustentable para obtener nanocelulosa (Hernández et al., 2022).

Para pensar en una industrialización a futuro de se necesita convertir la cascarilla en proceso rutinario, pero con mayor rendimiento. Algunos autores han recurrido a un tratamiento previo de la cascarilla, antes de llevarlo a una cocción alcalina. Por lo que estos ensayos tuvieron como objetivo evaluar el efecto combinado de enzimas proteolíticas naturales aplicadas a la cáscara de arroz, y verificar la efectividad de la hidrólisis enzimática compuesta por cuatro enzimas: (D-(+)-celobiosa, endo-1,4-β-D glucanasa, β-glucosidasa y celobiohidrolasa), para la síntesis de (CNCs) con dos procedimientos diferentes.

## Materiales y métodos

Se preparó una solución de 200 mL de enzimas naturales Bromelina + Papaína (Brom./Pap.), en una proporción 50/50 p:p, aplicado sobre la cascarilla de arroz, en agitación constante durante 72 h (Martínez et al., 2016).

Para la obtención de celulosa se utilizó la cascarilla de arroz de la variedad Morelos A-2010. Una vez lavada, triturada y tamizada se pasó por tamiz # 30, separándose cinco muestras de 20 g para su tratamiento (Hernández et al., 2022).

Posteriormente se valoró la concentración de proteínas de la fibra con base del método Lowry ( $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) y se comparó su estructura y morfología en SEM (Rashid et al., 2020).

Para la obtención de celulosa se trató la fibra en una cocción con NaOH al 5% en relación 1:10 (cascarilla/solución), se colocó en una parrilla a 102°C durante 90 min. con agitación constante. Al término se realizaron tres lavados con agua destilada y se midió su pH. Al final, se llevaron las muestras a una estufa a 80°C por 180 min. Para luego registrar su peso (Hossain et al., 2018). El blanqueo de las fibras se realizó comparando peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 1% con hipoclorito de sodio (NaClO) 1%, llevándolo a una parrilla de calentamiento a 80°C por 90 min. Pasado el tiempo se sacaron y se dejaron enfriar y registrar el peso (Kaur et al., 2018).

Una vez que se obtuvo la fibra blanqueada, se procedió a realizar un pre tratamiento con ácido clorhídrico (HCl) 0.65% p/p, repitiendo el proceso de calentamiento anterior 80°C por 90 min. Por último, las muestras fueron secadas registrando su peso. Al finalizar el pesaje de las muestras, se calculó el rendimiento aplicando la fórmula Martelli et al., 2016).

Para la obtención de nanocelulosa se realizaron dos ensayos (Ensayo 1) con empleo de todas las enzimas en conjunto (exo y endoglucanasas) sobre la celulosa, aplicadas a la vez y (Ensayo 2) con estas enzimas aplicadas en pareja exo o endoglucanasas, en dos fases o tiempos diferentes. Se preparó un complejo enzimático con las enzimas, D-(+)-cellobiose, endo-1,4--D-glucanase,-glucosidase y Cellobiohidrolase (Martínez et al., 2016). Posteriormente se dejó en baño María a 30°C /72 h con agitación y luego se verificó el pH entre 4- 5 (Castillo et al., 2019). Después de cumplir este tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente (TA), y se verificó el pH entre 4 - 5.

Seguidamente de la hidrólisis, se vaciaron los productos de cada ensayo en tubos de membranas de diálisis (14000 Da), dichos tubos fueron suspendidos en un vaso de precipitado de 2000 mL que contenía agua desionizada, en agitación constante 72 h, con cambios de agua cada 24 h para mantener el pH (Martínez et al., 2016). Al finalizar, se verificó el pH neutro para cada caso. De este se, obtuvo un sobrenadante los que fueron separados y centrifugados a 3000 rpm durante 10 min (Cheng et al., 2017). Posteriormente

el contenido se llevó a secado en una estufa a una temperatura de 80°C durante 24 h, para luego pesar lo obtenido.

En el Ensayo 2, se procedió a tomar el sobrenadante se llevó a un matraz de 50 mL para aplicar una sonicación a 28 Herz por 30 min. Posteriormente, se tomó el sobrenadante y se repitió la centrifugación a 3000 rpm durante 10 min. Al término, la muestra se secó en estufa a 80°C durante 24 h y luego se pesó el producto.

Después del proceso de secado, el rendimiento de la nanocelulosa se calculó de la misma forma que para la celulosa según (Martelli et al., 2016).

La caracterización de los productos obtenidos se realizó mediante análisis de Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), mediante Microscopía electrónica de barrido (SEM), se determinó la estructura y morfología, según Zhang et al., (2016) y el análisis de grado de cristalinidad y la estabilidad de la nanocelulosa, asociado con la desnaturalización térmica de la molécula, se realizó por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), en colaboración con el Doctor Apolonio Vargas Torres de la UAEH campus Tulancingo Hidalgo, según Hernández et al., (2022) y Sullivan et al., (2015).

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos para la cuantificación de proteínas de la muestra de cascarilla de arroz sin tratar (Control Absoluto), cascarilla con agua (Control) y cascarilla tratada con las proteasas (Brom/Pap), utilizando de referencia la ecuación de la recta obtenida de la disolución patrón.

**Tabla 1.** Valores de absorbancia y concentración obtenidos con la cascarilla de arroz en los diferentes tratamientos con base del método Lowry (g.mL<sup>-1</sup>).

Replicas	1	2	3	4	5
Cascarilla Control Absol. (g. mL <sup>-1</sup> )	0.0170	0.0264	0.0441	0.0672	0.0794
Cascarilla agua (g. mL <sup>-1</sup> )	0.0161	0.0251	0.0394	0.0531	0.0703
Cascarilla tratada Brom/Pap) (g. mL <sup>-1</sup> )	0.0120	0.0210	0.0363	0.0503	0.0690

Fuente: Elaboración propia

Comparando la información que se obtuvo para cada medición en la tabla, es posible apreciar la disminución en concentración (g.mL<sup>-1</sup>) de la muestra tratada con enzimas proteolíticas en comparación a la muestra control. Las proteasas son capaces de provocar una digestión de las proteínas y por ello son utilizadas para la síntesis de nuevos compuestos como lo menciona (Quino-Favero et al., 2008). Esto evidencia el efecto que producen las enzimas en la cascarilla de arroz al producir una disminución en la concentración de proteínas, esto, corroborando con el procedimiento de (Pérez-Higuera, 2013) al cuantificar proteínas a través de Lowry.

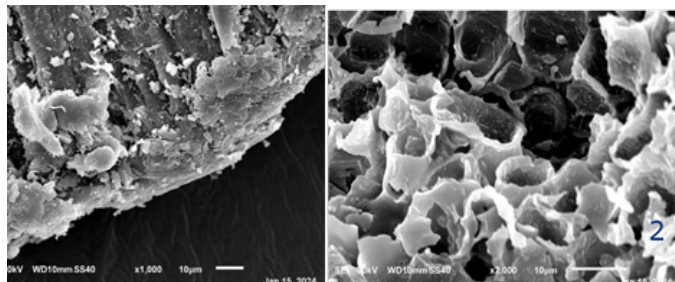
#### Microscopía electrónica de barrido (SEM) de cascarilla de arroz

La figura 1 muestra el efecto de las proteasas sobre la biomasa (cascarilla de arroz) antes de ser usada para obtener la celulosa. La imagen 1a muestra la superficie de la cáscara sin haber sido tratada, aspecto liso, sin modificación alguna. Imagen 2b parte de la cascarilla con algunas oquedades por efecto mecánico. mismas que permiten el vaciado de las cavidades que almacenan almidón y proteínas de la pared, que ocasionan un aligeramiento del tejido y facilitan la acción posterior del pretratamiento o cocción. Lo anterior corrobora lo inferido por Rodríguez-Almarza (2007). Donde claramente los gránulos de almidón gelatinizado o proteínas, están cubriendo parte de las células, cuando no han sido tratadas, con fracciones donde hay capas de células enteras sin daño. Mientras que cuando se ha dado el tratamiento enzimático, se distingue las cavidades vacías con restos de almidón. Estas observaciones en el tejido, confirman los resultados anteriores, detectados por remoción de proteína que favorece el mayor rendimiento posterior de celulosa.

En el caso de la papaína, tiene una amplia especificidad, es decir, digiere la gran mayoría de las proteínas, y en el caso de las carnes tratadas, tienden a volverse cada vez más blandas. Estas proteasas también se han utilizado para coagular la leche, formar queso, así como en el proceso de clarificación de la cerveza.

A pesar de esto es la primera evidencia en tejido vegetal, que contribuye a la obtención de celulosa (Hernández et al., 2023d).

**Figura 1.** Morfología del tejido de cascarilla de arroz (sección transversa) con diferentes tratamientos. 1) Sin tratamiento, magnificada 1000 y 2000 X, varilla de 10 µm. 2) Muestra tratada con enzimas (Brom./Pap.) magnificada 1000 y 2000 X respectivamente, con varilla 10 µm.



Fuente: Elaboración propia

Un análisis puntual al microscopio de barrido (SEM), de la Cascarilla donde se hizo un análisis de elementos (EDS) (Tabla 2), muestra valores de Nitrógeno (N) en la muestra control (10.90 %). Mientras que en la siguiente que corresponde a la cascarilla tratada con enzimas (Brom/Pap), los valores de este elemento disminuyeron a la mitad (5.26 %).

**Tabla 2.** Valores de un análisis puntual de elementos químicos (EDS), en la fibra de cascarilla con agua (control) en microscopía de barrido (SEM).

Fibra Control				
Elementos	ms%	mol%	Sigma	Net K ratio Line
N*	10.9	14.6	5.74	915 0.0030189 K
O	48.84	57.25	2.4	14694 0.0122753 K
Si	38.82		1.2	69235 0.0207785 K
Fibra tratada (Brom/Pap)				
N*	5.26	7.47	6.88	80 0.0002655 K
O	47.61	59.17	2.33	3254 0.0027183 K
Si	47.13	33.37	1.27	17469 0.0052426 K

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior confirma la pérdida de proteínas, las que son desnaturalizadas con el tratamiento de proteasas, considerando los valores que se han reportado para la cascarilla por algunos investigadores Abdul et al. (2012); Rodríguez-Almarza (2007) y Valverde et al. (2007). Lo que produce finalmente una mejor estructura de la fibra, antes de la síntesis de celulosa (Hernández et al., 2023a).

Los resultados de la obtención de celulosa resultan favorables como se muestra en la Tabla 3, puesto que, al comparar la celulosa obtenida de la cascarilla tratada con

enzimas proteolíticas con la celulosa obtenida de la cascarilla que fue tratada con agua existe un rendimiento de 44.51 %.

Además, como propuesta extra el tratamiento adicional, con enzimas proteolíticas (Brom/Pap) y cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) al 10%, logró mejor resultados, por la presencia del Cloruro de calcio, que mejora la actividad de las enzimas proteolíticas. Como se muestra en la Tabla, el mismo procedimiento ofreció un rendimiento del 47.41%.

**Tabla 3.** Rendimiento de celulosa obtenida de cascarilla de arroz en gramos (g), previamente tratada con enzimas (Brom/Pap), no tratada (Se hizo un promedio de las tres repeticiones para cada tratamiento y tratada con enzimas (Brom/Pap) y  $\text{CaCl}_2$ .

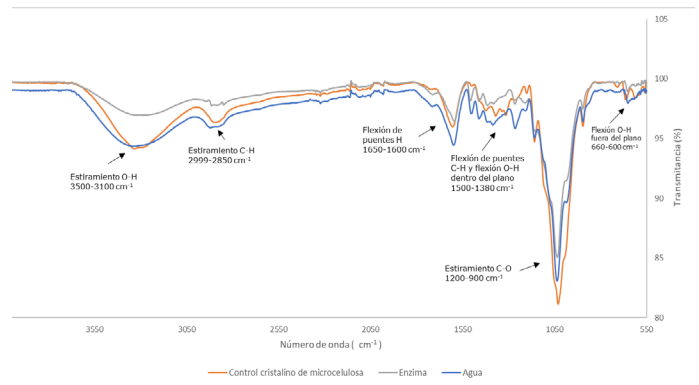
Tratamiento	Tratada con enzima	Tratamiento $\text{CaCl}_2$ y enzimas	(Control)
Tratamiento (Con agua / enzimas/ $\text{CaCl}_2$ + enzimas)	19.45	19.50	19.39
Tratamiento alcalino	14.12	16.15	11.83
Blanqueamiento	8.71	10.66	8.10
Pretratamiento ácido	8.21	9.48	6.58
Celulosa	8.21	9.48	6.58
Rendimiento (%)	44.51	47.41	35.84

Fuente: Elaboración propia

### Obtención de la nanocelulosa

En la figura 2, se presenta el espectro FTIR de los tratamientos, tomando en cuenta un barrido del número de ondas desde 4000 a 550  $\text{cm}^{-1}$ . En el rango de 3500 a 3100  $\text{cm}^{-1}$  se encuentran los estiramientos O-H donde indica una vibración en las moléculas, compuesto por una banda ancha en ambas muestras. Esto se debe a que hay mayor número de grupos O-H mostrados por el tratamiento, este resultado coincide con lo reportado por (Han *et al.*, 2013) el cual obtuvo nanocelulosa mediante hidrólisis ácida a partir de desechos de madera. En cuanto a la muestra control cristalino de microcelulosa presenta un pico similar en el rango de 3500 a 3100  $\text{cm}^{-1}$  lo que, la hace igual a los ensayos 1 y 2. Asimismo, se observó un estiramiento de los enlaces C-H que se encuentran en un rango de 2999 a 2850  $\text{cm}^{-1}$ , igualmente se encontró un pico que indica la flexión de puentes de H del agua absorbida en el rango de 1650-1600  $\text{cm}^{-1}$ . Algunos informes muestran que dentro del rango de 1500 a 1380  $\text{cm}^{-1}$  se obtiene una flexión de O-H dentro del plano y una flexión de puentes de C-H. También, se observó una señal particular que es el estiramiento de C-O dentro de un rango de 900 a 1200  $\text{cm}^{-1}$ . Y finalmente, se tiene la flexión de O-H fuera del plano que está dentro de un rango de 660 a 600  $\text{cm}^{-1}$ .

**Fig.2.** Espectro comparativo mediante espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), entre una muestra control cristalino de microcelulosa y los tratamientos enzima y agua.

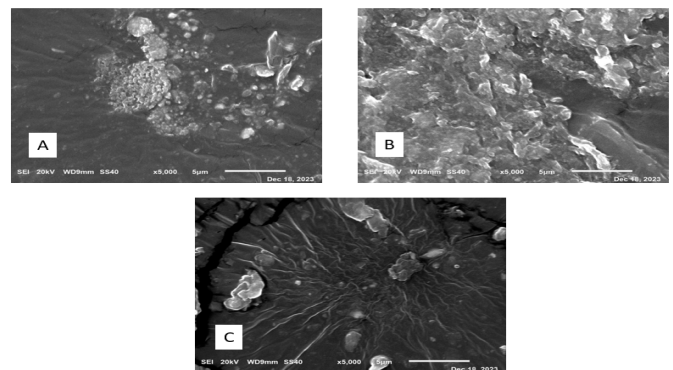


Fuente: Elaboración propia

Los espectros obtenidos mediante los tratamientos enzima y agua, coinciden con lo reportado anteriormente (Hernández *et al.*, 2023 a,b) debido a que, reportaron estos mismos grupos funcionales al obtener nanocelulosa mediante la hidrólisis enzimática, se puede concluir que, si se logró obtener nanocelulosa, puesto que, existen otros trabajos que obtuvieron los mismos resultados en sus espectros.

La figura 3, muestra imágenes de nanocelulosa obtenida en los tratamientos donde se muestra su estructura y morfología, comparando la muestra Control (3<sup>a</sup>), con la tratada con enzimas (3<sup>b</sup>). Se observan las nanopartículas de entre 200 nm que están dispersas en la superficie, estas son visualizadas con magnitudes de 5000 X (línea 5  $\mu\text{m}$ ), (Hernández *et al.*, 2023a).

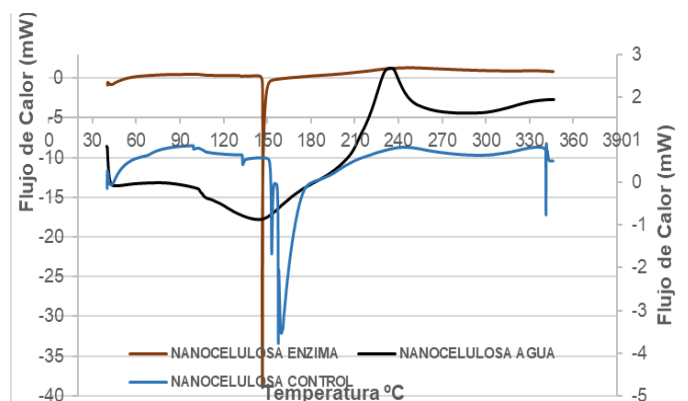
**Fig. 3.** Micrografía de nanocelulosa obtenidas mediante SEM (30000 X 0.5  $\mu\text{m}$ ) de los tratamientos. (a) control, (b) tratada con complejo enzimático.



Fuente: Elaboración propia

La figura 4 muestra el análisis de diferenciación calorimétrica de barrido (DSC) con cristalinidad y estabilidad térmica de las muestras.

**Figura 4.** Resultados del análisis de Calorimetría diferencial de barrido (DSC) desde 50°C-350°C con las tres muestras de nanocelulosa.



**Fuente:** Elaboración propia

La muestra de nanopartículas según el protocolo aplicado muestra la temperatura de cristalización con un pico bien definido a los 150°C, típico de una cristalización para nanocelulosa, mientras que el control ofrece tres picos, con etapas de transición, a 100°C, segundo a los 125°C y por último la cristalización final a los 149°C, lo anterior corrobora lo obtenido por (Hernández *et al.*, 2022), lo que confirma la estabilidad térmica, similares resultados informados (Kaur *et al.*, 2018) para nanocelulosas extraídas de cáscaras de arroz respectivamente.

Los resultados del rendimiento fueron inferiores en ambos casos (1.1 y 1.06), a los obtenidos con otros protocolos aplicados previamente. Claro que la producción podría ser mayor, si tenemos rendimiento óptimo de materia prima de partida. Estos resultados no coinciden, con los reportados por Martínez (2022). Algunos aspectos pueden influir en rendimiento como: pH, temperatura, afinidad de unión, actuarán las enzimas sobre la celulosa, afectando así el rendimiento del proceso (Michelin *et al.*, 2020).

## Conclusiones

La aplicación de enzimas proteolíticas (Brom/Pap) sobre la cascarilla de arroz permite la desnaturalización de las proteínas que forma parte del tejido vegetal y contribuyen a mejorar el rendimiento de celulosa. Los protocolos aplicados para sintetizar nanocelulosa mediante hidrólisis enzimática, son efectivos logrando nano partículas de 200 nm, pero aún se necesita mayor ajuste para lograr rendimientos superiores a los propuestos para una etapa industrial.

## Referencias bibliográficas

- Abdul H.P.S; Khalil, A.H. Bhat, A.F. y Ireana Yusra. (2012). "Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review." *Carbohydr Polym.*, 87: 2 963-979. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.08.078>.
- Cheng, M., Qin, Z., Chen, Y., Hu, S., Ren, Z. y Zhu, M. (2017). Efficient extraction of cellulose nanocrystals through hydrochloric acid hydrolysis catalyzed by inorganic chlorides under hydrothermal conditions. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 5 (6):4656-4664. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b03194>.
- Han J., Zhou C., Wu Y., Liu F. y Wu Q. (2013). Self-Assembling Behavior of Cellulose Nanoparticles during Freeze-Drying: Effect of Suspension Concentration, Particle Size, Crystal Structure, and Surface Charge. *Biomacromolecules.* 14:1529–1540. doi:[10.1021/bm4001734](https://doi.org/10.1021/bm4001734).
- Hossain, I., Zaman, H., y Rahman, T. (2018). Derivation of Nanocellulose from Native Rice Husk. *Chemical Engineering Research Bulletin.*, 20: 19-22. <https://doi.org/10.3329/ceerb.v20i1.36926>.
- Hernández Pérez, R., Salgado Delgado, R., Olarte Paredes, A., Salgado Delgado, A. M., García, E., Medrano, A., y Martínez, F. (2022). Comparing acid and enzymatic hydrolysis methods for cellulose nanocrystals (CNCs) obtention from agroindustrial rice husk waste. *Journal of Nanotechnology*, ID 5882113, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2022/5882113>.
- Hernández Pérez, R., Martínez Candia, F. R., Salgado Delgado, R., Olarte Paredes, A., Salgado Delgado, A. M. y García Hernández, E., (2023a). Hidrólisis enzimática para la obtención de nanocristales (CNCs) a partir de residuos agroindustriales de cáscara de arroz. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(2), 54-61. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
- Hernández Pérez, R., Olarte Paredes, A., Salgado Delgado, R. y Salgado Delgado, A. M. (2023b). Rice husk Var. 'Morelos A-2010' as an eco-friendly alternative for the waste management converting them cellulose and nanocellulose. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103(19), 7571-7586. <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1972991>.
- Hernández Pérez R., Salgado Delgado S., Olarte Paredes A., Salgado Delgado A.M., Flores Abarca B. y Silva Astudillo O. (2023d). Combined Hydrolysis to Yield Increase of Cellulose and (CNCs), Starting From Agroindustrial Rice Husk Waste in Morelos, Mexico. *Journ of Water and Enviromental Nanotechnology*. (Aceptada).

- Kaur, M., Kumari, S., y Sharma P. (2018). Chemically modified nanocellulose from rice husk: synthesis and characterization. *Advances in Research.*, 13(3):1-11. <https://doi.org/10.9734/AIR/2018/38934>.
- Martínez, F. R. (2022). Obtención y caracterización de nanocelulosa a partir de cascarrilla de arroz (desecho de la industria arrocera) por el método bioquímico. (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Zacatepec.
- Martínez-Jaime, O.A., Hernández-Hernández, R., Mendoza-Carrillo, J.M., Bucio-Villalobos, C.M., Salas-Araiza, M.D. y Orozco Gutiérrez, D.V. (2016). Efecto del cloruro de calcio y enzimas proteolíticas sobre la blandura de la carne de res. *Invest. y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1 (2): 506-511. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/7/88.pdf>.
- Martelli-Tosi, M., Torricillas, M., Martins, M., Assis, O. y Tapia-Blácido, D.R. (2016). Using Commercial Enzymes to Produce Cellulose Nanofibers from Soybean Straw. *Journal of Nanomaterials*, 2016, ID 8106814. <https://doi.org/10.1155/2016/8106814>.
- Michelin, M.; Gomes, D.G.; Romani, A.; Polizeli, M.d.L.T.M y Teixeira, J.A. (2020). Production Exploring the Enzymatic Route and Residues of Pulp and Paper Industry. Nanocellulose Production. *Molecules* 25, 3411. <https://doi.org/10.3390/molecules25153411>.
- Pérez-Higuera, M. V. (2013). Estudio de la producción de la casa por un aislado nativo de pleurotus ostreatus en cultivo sólido mediante el uso de cartón, cascara de café y cascarrilla de arroz bajo diversas concentraciones de cobre [Doctoral dissertation, Uniandes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8f71a896-01bc-45f9-8168-840bb27c469e/content>
- Quino Favero, J., Bernal Portilla, N., y Yacono Llanos, J. (2008). Diseño de un proceso experimental para la producción de papaína liofilizada. *Ingeniería Industrial*, 0(26), 201-229. 1025-9929. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/2440>.
- Rashid, S. y Dutta, H. (2020). Caracterización de nanocelulosa extraída de cáscara de arroz de grano corto, medio y largo. *Cultivos y Productos Industriales*, 154, 112627.
- Rodríguez-Almarza M. B. (2007). Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz (*Oryza sativa* L.). [Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far696d/sources/far696d.pdf>.
- Valverde A, Sarria B. y Monteagudo J.P, (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarrilla de arroz. *Scientia et Technica*, UTP, Colombia, 13 (37): 255-260. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903743>.
- Zhang, K., Sun, P., Liu, H., Shang, S., Song, J. y Wang D. (2016). Extraction and comparison of carboxylated cellulose nanocrystals from bleached sugarcane bagasse pulp using two different oxidation methods. *Carbohydr Polym.* 15 (138):237-43. doi: [10.1016/j.carbpol.2015.11.038](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.038).
- Sullivan, E., Moon, R. y Kalaitzidou, K. (2015). Processing and Characterization of Cellulose Nanocrystals / Polylactic Acid Nanocomposite Films. *Materials*, 8 (12):1-11. <https://doi.org/10.3390/ma8125447>.



# 11

Recibido: mayo, 2024 Aceptado: julio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Desarrollo de productos gastronómicos sostenibles en base a la persea americana

Development of sustainable gastronomic products based on persea americana

Manuel Fernando Jaramillo Burgos<sup>1\*</sup>

E-mail: [ur.manueljaramillo@uniandes.edu.ec](mailto:ur.manueljaramillo@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4955-1842>

Tannia Cristina Poveda Morales<sup>2</sup>

E-mail: [ua.tanniapoveda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.tanniapoveda@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6497-9957>

Erick Adrián Alemán Mera<sup>2</sup>

E-mail: [erikaleman.1999@outlook.es](mailto:erikaleman.1999@outlook.es)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9331-6377>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes, Riobamba. Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato. Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [ur.manueljaramillo@uniandes.edu.ec](mailto:ur.manueljaramillo@uniandes.edu.ec)

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Jaramillo Burgos, M. F., Poveda Morales, T. C. y Alemán Mera, E. A. (2024). Desarrollo de productos gastronómicos sostenibles en base a la persea americana. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 73-80. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La sostenibilidad alimentaria busca equilibrar el crecimiento económico, el cuidado ambiental y el bienestar social. Ecuador, con su rica diversidad agrícola, tiene potencial para innovar y mejorar su industria agroalimentaria y turística. Se empleó una metodología cualitativa-cuantitativa con un diseño experimental para determinar nuevas recetas de productos en base al aguacate. Las recetas se evaluaron mediante fichas de evaluación en un panel de expertos. Las entrevistas con expertos de Patate destacaron la importancia del aguacate en la economía local y la necesidad de añadir valor al producto. Los experimentos revelaron diversas mejoras y desafíos con las recetas de aguacate. Los productos más exitosos pasaron a evaluaciones de laboratorio según normas INEN. La investigación demostró el potencial del aguacate en innovaciones gastronómicas que pueden impulsar la industria agroalimentaria sostenible y el desarrollo turístico en Patate. Sin embargo, es crucial continuar mejorando las formulaciones y asegurar el cumplimiento de normas de calidad y seguridad alimentaria para maximizar su viabilidad comercial. Esta transformación hacia un modelo sostenible puede generar empleo, mejorar la competitividad y fomentar el crecimiento económico local.

### Palabras clave:

Agricultura sostenible, Industria agroalimentaria, Persea americana, Crecimiento económico.

### Abstract

Food sustainability seeks to balance economic growth, environmental care, and social well-being. Ecuador, with its rich agricultural diversity, has the potential to innovate and improve its agro-food and tourism industry. A qualitative-quantitative methodology with an experimental design was employed to determine new recipes for avocado-based products. The recipes were evaluated using evaluation sheets by an expert panel. Interviews with experts from Patate highlighted the importance of avocado in the local economy and the need to add value to the product. The experiments revealed various improvements and challenges with the avocado recipes. The most successful products underwent laboratory evaluations according to INEN standards. The research demonstrated the potential of avocado in gastronomic innovations that can boost the sustainable agro-food industry and tourism development in Patate. However, it is crucial to continue improving formulations and ensuring compliance with quality and food safety standards to maximize their commercial viability. This transformation towards a sustainable model can generate employment, improve competitiveness, and foster local economic growth.

### Keywords:

Sustainable agriculture, Agri-food industry, Persea americana, Economic growth.

## Introducción

Actualmente, 2.000 millones de hectáreas mundiales que eran productivas están degradadas. Hasta el 44% de las tierras agrícolas se encuentran en zonas áridas, y en ellas vive el 30% de la población mundial (FAO, 2020). El crecimiento actual de la producción agrícola tiene un impacto ambiental tan grande, que es fundamental promover una agricultura sostenible.

En las últimas décadas, la proliferación de los términos “alimentación sostenible” y “alimentación saludable” no ha dejado de crecer. Ambos están estrechamente relacionados con la sostenibilidad en la industria alimentaria.

Para entender qué es la sostenibilidad alimentaria se debe tener muy claro a qué hace referencia el concepto de “sostenibilidad”. La sostenibilidad representa la capacidad con la que se cuenta para satisfacer las necesidades actuales, sin arriesgar la capacidad que tendrán los descendientes de satisfacer las suyas propias. (*World Commission on Environment and Development* (WCED), 1987)

Las delimitaciones y alcance de este concepto, han sido revisadas y criticadas, mostrando falta de consenso o claridad sobre el empleo adecuado de dos términos parecidos sustentable o sostenible. Sobre esto, Fernández y Gutiérrez (2013) indican que sustentable es un pochismo del término inglés “*sustainable*”. López-Ricalde et al. (2005) precisan que ambos términos regularmente se traducen como sinónimos, existiendo una diferenciación regional, debido a que en América Latina se refiere como sustentable mientras que en Europa (i.e. España) así como en las traducciones efectuadas por organismos internacionales se refiere como sostenible, especificando que la palabra sustentable, es un anglicismo de la palabra sustentar y tiene como esencia la satisfacción de necesidades donde los obstáculos son los problemas sociales (i.e. la pobreza extrema). En otras consideraciones, Tibán-Guala (2000) expresa que el desarrollo no debe ser sostenido, sino sostenible, ya que el primero denota continuar acumulando, creciendo, proyectándose, pero con trayectoria al caos, coincidiendo con lo estipulado por Reyes-Sánchez (2012), que indica que sustentabilidad se refiere a un modelo productivo que no privilegia la protección del capital natural contra su explotación indiscriminada. por lo que se le conoce también como desarrollo insostenible.

En los últimos años, ha surgido una tendencia en el sector empresarial de reconocer la sostenibilidad como un eje central para el desarrollo de sus operaciones. Sin embargo, la aplicación práctica del concepto de sostenibilidad enfrenta desafíos que van desde posturas filosóficas intergeneracionales hasta la implementación en la industria alimentaria. La sostenibilidad en este sector es crucial para equilibrar el crecimiento económico, el cuidado del planeta y el bienestar social en sus operaciones. Es fundamental considerar estos tres factores durante el proceso de producción de alimentos, tanto en el presente como en el futuro, para lograr un desarrollo sostenible y

demostrar un compromiso auténtico con las personas y el medio ambiente. (Rodríguez Guevara, 2018)

Actualmente, la industria alimentaria enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad. Aunque se han logrado importantes avances en grandes empresas con una considerable cuota de mercado, aún queda mucho por hacer. Es necesario abordar problemas como el desperdicio de alimentos, la pérdida de biodiversidad agrícola, el uso de fertilizantes contaminantes y el aumento de gases de efecto invernadero, entre otros. Estos desafíos se deben en gran medida a una gestión inadecuada de la sostenibilidad en la industria alimentaria.

La transición hacia un modelo más sostenible en esta industria permitirá un uso más eficiente de los recursos y la energía, la construcción de infraestructuras amigables con el medio ambiente y la mejora del acceso a servicios básicos. Además, contribuirá a la creación de empleos de calidad y bien remunerados, fortaleciendo así el desarrollo económico y social.

Si bien es cierto que los consumidores cumplen un rol importante exigiendo alimentos más sostenibles, el verdadero cambio necesita del apoyo de todos los agentes involucrados en el sistema alimentario. Dado que la producción de alimentos involucra muchos sistemas y procesos ambientales, es necesaria una transformación inaplazable en el sistema alimentario actual. Ahumada y Celis (2023)

El mundo está rodeado de alimentos envasados de alta y baja calidad, donde se tienen mucho en cuenta las frutas y legumbres para poder sacar productos innovadores y que sean de agrado para el cliente ya sea de la antigua o de la nueva generación. Para muchos el Ecuador es un país afortunado en tener grandes variedades de productos gastronómicos, desde los frutales hasta los cárnicos entre otros. Con esta diversidad se pueden elaborar varios productos que ayudan al crecimiento turístico y económico del país.

De acuerdo con el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025; se menciona al eje económico y dentro de ellos a los objetivos 2 y 3 donde se establece fortalecer vínculos comerciales con socios y países de mercados potenciales que permitan un libre comercio y la consolidación de las exportaciones no petroleras y mejorar la competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial incentivando el acceso a infraestructuras adecuadas, insumos y uso de tecnologías modernas y limpias; respectivamente. Es importante señalar que como una de sus metas del objetivo 3 está el incrementar las exportaciones no petroleras, fomentar el crecimiento de las empresas agrícolas, comerciales y productoras de ciertos productos nacionales. (Secretaría Nacional de Planificación Ecuador, 2021)

Así mismo en el Ecuador existen pocos productos gastronómicos envasados a base de la persea americana (aguacate), (Asociación de Academias de la lengua española, 2020) a pesar de ser una fruta que se puede encontrar durante el año y que puede aportar y mejorar la

competitividad y fortalecer la cadena de ayuda al agricultor, fabricantes y exportadores.

El país tiene masivas extensiones de sembradíos de aguacate, pero los agricultores únicamente se han dedicado a venderlo como fruta u aceite para consumo gastronómico, y es ahí donde el Ecuador pierde cada día millones de dólares sin darse cuenta de que tiene para ofrecer más que tal solo un aceite y la fruta en sí, sin identificar nuevas alternativas para esta fruta con el apoyo a empresas pequeñas que tienen nuevas visiones.

Así lo manifestó el ministro de Agricultura y Ganadería, Xavier Lazo, durante la presentación virtual del Festival Virtual del Aguacate, que se efectuó hasta el viernes 14 de agosto del 2021 con la participación de expertos de México, Guatemala, Colombia, Perú y Ecuador. A criterio del funcionario, el consumo mundial de este fruto está en aumento, y además ofrece ventajas sociales, económicas y ambientales. Este crecimiento genera empleo, aporta recursos económicos y ayuda a mitigar y adaptarse al cambio climático.

Uno de los cantones con mayor producción del aguacate es Patate en la provincia de Tungurahua, ya que el clima y su tierra son óptimos para el cultivo de este alimento, pero por la limitación de las autoridades no se han apoyado a emprendimientos locales que desean innovar con este fruto.

Según (Morales Jennifer, 2018), la información, promoción y difusión gastronómica del Cantón Patate ha sido limitada, debido a que varios productos existentes del sector no son muy conocidos, muchos de ellos son elaborados con materia prima del cantón, con técnicas que hacen de su sabor único e inigualable, pero no son identificados con facilidad por algunos consumidores lo cual no permite el desarrollo turístico del lugar.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente planteado se define el siguiente problema de la investigación:

¿Cómo favorecer la limitada difusión gastronómica y el desarrollo de emprendimientos innovadores de manera que potencien la industria agroalimentaria sostenible y el desarrollo turístico en el cantón Patate teniendo en cuenta las potencialidades en la producción de *persea* americana?

Para dar solución al problema planteado se propone como objetivo de la investigación:

Desarrollar productos gastronómicos en base a la *persea* americana en el cantón Patate, provincia de Tungurahua de manera que potencien la industria agroalimentaria sostenible y el desarrollo turístico.

## Materiales y métodos

Los métodos son las vías que emplea el investigador para aproximarse a la «realidad». En ellos se definen las relaciones, estrategias y técnicas que se utilizarán, todo mediante un diseño. En entornos sociales, es posible

aproximarse a la «realidad» utilizando métodos mixtos. Ramírez-Montoya y Lugo-Ocando (2020)

Precisamente la metodología empleada se basa en un enfoque cualitativo-cuantitativo (mixto) con un tipo de diseño experimental. Combina métodos de investigación cualitativos y cuantitativos para aprovechar las fortalezas de ambos y proporcionar una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Cuando se utiliza un diseño experimental dentro de este enfoque mixto, el objetivo es investigar las relaciones causales y obtener datos tanto numéricos como descriptivos.

La principal característica de los métodos mixtos (MM) es la integración de las perspectivas cuantitativa (cuanti) y cualitativa (cuali) en un solo estudio. Al enfrentar preguntas de investigación complejas, esta combinación permite un análisis más profundo y una mejor comprensión de los procesos. (Hamui-Sutton, 2013)

Históricamente, la rigidez de las metodologías impedía alcanzar este nivel, ya que las concepciones ontológicas y epistemológicas dificultaban la consideración de aspectos emergentes en las investigaciones. En los últimos 30 años, los estudios con métodos mixtos (MM) en las ciencias sociales han aumentado. Aunque en los años 60 se realizaban estudios que recopilaban datos cualitativos (CUAL) y cuantitativos (CUAN), no fue hasta los años 80 que los MM ganaron popularidad, en lo que se llamó el tercer paradigma de investigación. Bagur-Pons et al. (2021)

Este enfoque mixto permite al investigador no solo medir el impacto de las propuestas en términos numéricos, sino también entender cómo y por qué pueden haber sido efectivas o no desde la perspectiva de los participantes. El alcance de la investigación es correlacional, es decir, que cada uno de los platos a experimentar se realizaron como un tratamiento base o control y dos variaciones (T1, T2) para identificar cual puede ser la forma más efectiva de realizar la preparación y posterior evaluación de laboratorio para identificar si las preparaciones cumplen con la normativa INEN de inocuidad de los alimentos. En este contexto, se recopila información precisa sobre la aceptabilidad del menú de degustación entre los participantes. Este enfoque proporciona datos concretos sobre el porcentaje de aceptación y permite evaluar la viabilidad de la propuesta.

El método analítico-sintético se aplica para transformar el aguacate en varias opciones de preparaciones para que el comensal pueda elegir cuáles son los platos más idóneos para el consumo.

Como instrumentos se emplearon fichas de evaluación aplicadas a cada uno de los participantes en el panel de expertos durante la degustación. En la primera columna se encuentra descrito cada tiempo que conforma el menú de degustación, en las siguientes columnas se encuentran las características a evaluar: olor, color, sabor, textura y presentación; los cuales se califican en una escala de 1 a 5 puntos, siendo 1 (no muy bueno), 2 (bueno), 3 (regular), 4 (muy bueno), 5 (excelente). Cada tiempo se

evaluó posterior a su degustación de acuerdo con el nivel de satisfacción en cada característica. En función de los resultados procesados de este instrumento se hará una propuesta de mejora para tomar en cuenta sugerencias de parte de los maestros.

Se trabajó con un muestreo por conveniencia para lo cual se reunió a cinco participantes, quienes cumplen con las características requeridas para la investigación además de ser profesionales en el tema tratado; el proceso fue de manera presencial y se aplicaron las cinco fichas de evaluación.

## Resultados-discusión

### *Análisis e interpretación de los resultados de la Entrevista*

En el paradigma cualitativo, se aplica la técnica de entrevista con el instrumento, guía de la entrevista, para lo cual, se consideran profesionales del Cantón Patate, provincia de Tungurahua como el ejemplo siguiente, ver tabla1:

Experto 1: Ing. Agrónomo, Marcelo Alemán

Ocupación: Ex-Gerente de ventas en Agripac, Dueño de Almacén de insumos agrícolas en Patate al mismo que realiza accesorias a nivel de Tungurahua.

Experiencia: 35 años

**Tabla 1.** Análisis de entrevista de experto.

Pregunta	Respuesta del Experto
El aguacate es una de las frutas emblemáticas de Patate ¿Cuál es la importancia del aguacate en la producción del cantón?	Es el sustento de los productores de entre los 2200-2500 msnm, durante unos 8 meses del año siendo el frutal que más estabilidad económica da a quien lo cultiva. (rango de 30 a 70\$).
¿Cuál es el proceso para realizar el cultivo de aguacate en el cantón Patate?	El proceso: Ubicar el piso climático (2200-2500msnm). Producir patrones de las plantas Injertar la variedad Trasplante de acuerdo la variedad y la topografía. Manejo integrado del cultivo. (control de plagas, enfermedades, podas, etc.)
¿De las variedades de aguacate que existe en Patate, cuál cree usted que es la más versátil y con mayor resistencia en la oxidación?	Dentro de las 4 variedades existentes en Patate, las que menos sufren el proceso de oxidación son el Hass y el verde.
¿Existe alguna cadena para la comercialización de la fruta dentro del cantón?	Productor – Acopiadora – Mayorista – Detallista – Consumidor.
¿Cree usted que sería pertinente darle un valor agregado al aguacate en preparaciones para la venta?	A todo producto siempre le hace falta un valor agregado para comercializarlo: Embalaje. Promoción del producto terminado o en fresco.
¿Existe en el cantón Patate una asociación de agricultores del aguacate?	Ninguna. El productor es auto sustentable en todos los frutales, hortalizas que se producen en el Cantón.

Fuente: Elaboración propia

### *Análisis de resultados de las experimentaciones*

Se realizaron diferentes experimentaciones basándose en una receta estándar con controles y diferentes variaciones para identificar cual es la formulación más estable

para la producción para de esta manera definir cuál sería la formulación que pasaría a la validación por catación por expertos, dentro de las que se detallan a continuación en la tabla 2:

**Tabla 2.** Experimentaciones por recetas.

Producto		Tratamiento Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Cheesecake de Aguacate	Positivo		X	
	Negativo	X		X
Gelatina de Aguacate	Positivo	X		
	Negativo		X	X
Sal ahumada de Aguacate	Positivo		X	
	Negativo	X		X
Adobo de Aguacate	Positivo	X		
	Negativo		X	X

Producto		Tratamiento Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Mermelada de Aguacate	Positivo		X	
	Negativo	X		X
Noodles de Aguacate	Positivo	X		
	Negativo		X	X

Fuente: Elaboración propia

Al momento de realizar la investigación y la innovación de la receta estándar del *cheesecake* se decide quedarse con la receta inicial ya que los ingredientes y sus cantidades fueron perfectas para el producto a elaborar, la única modificación que se realizó es la cocción de la masa base por el tiempo dentro del horno y por lo tanto el resultado positivo general fue en el tratamiento uno.

La gelatina fue uno de los productos que con la receta base se obtuvo el resultado positivo de la elaboración realizada dentro de los laboratorios de Unidades.

Dentro de la elaboración de la sal ahumada de aguacate en la receta base se tomó en cuenta la pepa y la cascara para poder dar el sabor y el olor de ahumado, en el intento base el error que se obtuvo fue que la pepa del aguacate fue muy gruesa por lo que se tuvo que realizar un segundo tratamiento donde se cambió el tratamiento de la pepa y realizó de forma rayada teniendo un mejor resultado tanto en sabor y olfato.

La receta del adobo fue exitosa desde la investigación e innovación de la receta estándar ya que al momento de realizar la prueba con un producto proteico y añadiéndole este adobo, el resultado fue favorable ya que la proteína salió con el sabor y textura adecuada.

En el tratamiento de control o en la elaboración de la receta estándar de la mermelada de aguacate se trató la fruta como tal a fuego directo, pero con agua natural por lo que el sabor y el color no fueron favorables, es por ello que en el tratamiento uno se decidió cambiarle por producto lácteo como la leche con que se hizo el almíbar y la cocción dando un resultado positivo tanto en sabor, textura, aroma y color.

La elaboración de Noodles fue muy interesante ya que se realizaron modificaciones en la receta estándar utilizando como la base grasa el aguacate y dándole el color y la textura adecuada a los noodles, en ello también fue imprescindible el tiempo de cocción de los mismo teniendo un resultado extremadamente positivo.

#### *Análisis e interpretación de resultados de la catación de los productos.*

A lo largo de la historia la gastronomía se ha basado por ser una carrera en donde la experimentación ha sido parte fundamental para el desarrollo de productos innovadores, pero la misma exige varios parámetros dentro de los cuales se menciona la estandarización de recetas. En esta investigación se han realizado una serie de

experimentos al momento de desarrollar los productos en base al Aguacate logrando mejorías, y teniendo luego nuevas recetas estándar de cada producto.

Una vez estandarizados los productos pasaron a evaluación por expertos dentro del área de la gastronomía y de la investigación para la catación y aprobación de los mismos con el fin de tomar los tres productos más aceptados para poder realizar análisis de laboratorio y evaluarlos según las Normas INEN. Dichos resultados se detallan a continuación:

Resultados de la valoración de los expertos en la catación de productos elaborados con aguacate.

Gelatina de Aguacate:

- Positivo: Ing. Diego Carrillo, Dra. Lila Chávez, Ing. Erika Gavilanes, Ing. Verónica Paredes
- Negativo: Ing. Cristina Poveda

*Cheesecake* de Aguacate:

- Positivo: Todos los expertos (Ing. Diego Carrillo, Dra. Lila Chávez, Ing. Erika Gavilanes, Ing. Cristina Poveda, Ing. Verónica Paredes)
- Negativo: Ninguno

Sal Ahumada de Aguacate:

- Positivo: Todos los expertos (Ing. Diego Carrillo, Dra. Lila Chávez, Ing. Erika Gavilanes, Ing. Cristina Poveda, Ing. Verónica Paredes)
- Negativo: Ninguno

Adobo Cárnico de Aguacate:

- Positivo: Todos los expertos (Ing. Diego Carrillo, Dra. Lila Chávez, Ing. Erika Gavilanes, Ing. Cristina Poveda, Ing. Verónica Paredes)
- Negativo: Ninguno

Mermelada de Aguacate:

- Positivo: Dra. Lila Chávez, Ing. Erika Gavilanes, Ing. Verónica Paredes
- Negativo: Ing. Diego Carrillo, Ing. Cristina Poveda

Noodles de Aguacate:

- Positivo: Ing. Diego Carrillo, Dra. Lila Chávez, Ing. Erika Gavilanes, Ing. Verónica Paredes
- Negativo: Ing. Cristina Poveda

Análisis e interpretación de resultados de los análisis de laboratorios.

Una vez identificadas las preparaciones más exitosas, se realizó pruebas bromatológicas y microbiológicas de laboratorio a fin de obtener la caracterización adecuada de los productos creados.

### Análisis de Características Físico-Químicas de los Productos

Una vez determinada la formulación final de todos los productos, se procedió a realizar varios análisis tomando como referencia la norma ecuatoriana INEN para la elaboración de los distintos productos gastronómicos, con el fin de determinar que las propiedades sean aceptables de cada uno para su producción y venta.

Las características que se tomaron en cuenta dentro de los análisis para los productos son el PH, humedad, Acidez (expresada como ácido oleico), coliformes totales y fecales, *eschericha coli*, mohos y levaduras, aerobios mesófilos y salmonella ya que con ellos se pudo analizar la actividad enzimática y además se tomaron en cuenta la prolongación de conserva que el producto puede tener (vida de anaquel).

Los parámetros físicos-químicos se muestran en las siguientes tablas (3,4,5,6):

**Tabla 3. Examen físico de los productos.**

Producto	Examen Físico	Resultado
Cheesecake de aguacate	Aspecto	Muestra heterogénea libre de material extraño
	Olor	Característico de la fruta
	Color	Verde característico de la fruta
Sal de aguacate	Aspecto	Muestra heterogénea libre de material extraño
	Olor	Característico de la fruta
	Color	Blanco característico de la sal
Adobo de aguacate	Aspecto	Muestra heterogénea libre de material extraño
	Olor	Característico de la fruta
	Color	Verde característico de la fruta

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4. Análisis físico-químico del cheesecake de aguacate.**

Determinación	Unidad	Método de Análisis	Limite	Resultado	Método de Ensayo
pH	%	-	4,5	3.88	INEN 380
Humedad	Unidad	INEN 518	-	73.99	-
Acidez (expresado como ácido oleico)	%	Volumétrico	15	3.92	INEN 2074
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en Masa	5	Ausencia	INEN 1529-14
Coliformes fecales	UFC/g	Siembra en Masa	5	Ausencia	INEN 15299
Eschericha coli	UFC/g	Siembra en Masa	Menor de 10	Ausencia	INEN 16649-2
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en Masa	40	10	INEN 1529-12
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en Masa	1000	40	INEN 1529-5
Salmonella	UFC/25g	Reveal 2.0	0	Negativo	INEN 1529-15

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5. Análisis físico-químico de la sal de aguacate.**

Determinación	Unidad	Método de Análisis	Limite	Resultado	Método de Ensayo
pH	%	-	7	5.12	
Humedad	Unidad	INEN 518	0.5	0.68	INEN 49
Acidez (expresado como ácido oleico)	%	Volumétrico	2	0.31	
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en Masa	11	Ausencia	INEN 57
Coliformes fecales	UFC/g	Siembra en Masa	8	Ausencia	INEN 57
Eschericha coli	UFC/g	Siembra en Masa	Ausencia	Ausencia	INEN 57
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en Masa	10	Ausencia	INEN 57
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en Masa	2.0	Ausencia	INEN 57
Salmonella	UFC/25g	Reveal 2.0	-	Negativo	INEN 57

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.** Análisis físico-químico del Adobo de Aguacate.

Determinación	Unidad	Método de Análisis	Límite	Resultado	Método de Ensayo
pH	%	-	4,5	3.88	INEN 380
Humedad	Unidad	INEN 518	-	73.99	-
Acidez (expresado como ácido oleico)	%	Volumétrico	15	3.92	INEN 2074
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en Masa	5	Ausencia	INEN 1529-14
Coliformes fecales	UFC/g	Siembra en Masa	5	Ausencia	INEN 15299
Escherichia coli	UFC/g	Siembra en Masa	Menor de 10	Ausencia	INEN 16649-2
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en Masa	40	10	INEN 1529-12
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en Masa	1000	40	INEN 1529-5
Salmonella	UFC/25g	Reveal 2.0	0	Negativo	INEN 1529-15

Fuente: Elaboración propia

El *cheesecake* fue evaluado con resultados positivos, empezando por el pH con un 0,82 dentro del rango recomendado, aunque contiene una humedad muy elevada de 36 puntos más arriba del límite permitido. Así mismo mostró problemas con la acidez en menor de lo que requiere. Finalmente se verifica que este producto no es recomendable para la distribución ya que dentro de los puntos del moho y levaduras resultaron 5 puntos por encima de la norma.

El producto sal de aguacate tuvo un resultado positivo por lo que es pertinente producirlo y sacarlo a la distribución ya que, dentro del pH obtuvo un resultado de 2.17 al límite que exigen las normas INEN y la acidez es un valor muy bajo al límite de las normativas.

El Adobo de aguacate al igual que la sal fue aceptado por criterio de laboratorio debido a que sus valores no son infecciosos para el ser humano, los valores contaminantes como el moho y los aerobios mesófilos súper bajos por lo que no ponen en riesgo al producto tomando en cuenta que no se han utilizado aditivos químicos.

#### Contribución de la propuesta a solucionar las insuficiencias identificadas

Se investigó de varias maneras recetas que sean factibles y accesibles al público en general que tenga la producción de la *persea* americana en grandes cantidades ayudando de tal manera a buscar un desarrollo dentro de la economía del cantón y a que el productor tenga manera de generar ingresos elaborando productos gastronómicos sostenibles y no tan solo dedicándose a la agricultura pudiendo utilizar materia prima que ya se han pasado del tiempo para su distribución de manera natural y a los diferentes mercados laborales o centros de acopio dentro de la provincia o del país.

#### Conclusiones

La situación actual de la industria alimentaria muestra mejoras, pero aún enfrenta problemas como el desperdicio de alimentos, la pérdida de biodiversidad agrícola y la contaminación del suelo. Una transición hacia un modelo sostenible es vital para usar eficientemente los recursos

y mejorar el acceso a servicios básicos, generando empleos de calidad.

En el contexto específico de Ecuador, la investigación se centra en el potencial desaprovechado de la *persea* americana en el cantón Patate. A pesar de ser un cultivo prominente, su comercialización se ha limitado a la fruta y aceite, dejando de lado posibles productos innovadores que podrían incrementar significativamente los ingresos locales y potenciar el turismo gastronómico.

Se propuso desarrollar productos gastronómicos en base a esta fruta para potenciar la industria agroalimentaria sostenible y el turismo. Se evaluaron varias preparaciones, las pruebas de laboratorio y la valoración de expertos determinaron la aceptabilidad y viabilidad para la producción y comercialización.

Finalmente, la investigación contribuye a solucionar las limitaciones en la difusión gastronómica y el desarrollo de emprendimientos innovadores en Patate, proponiendo el desarrollo de productos gastronómicos sostenibles que no solo diversificarán la oferta local, sino que también impulsarán el desarrollo económico y turístico de la región.

#### Referencias bibliográficas

- Ahumada Morón, I, C y Celis Rojas, A, D. (2023): Importancia de la Sostenibilidad en la Industria Alimentaria [Tesis para optar el grado de bachiller en Gastronomía y Gestión Culinaria, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. Repositorio académico UPC <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668596>
- Asociación de Academias de la lengua española. (2020). *Persea americana*. <https://lema.rae.es/damer/?key=aguacate>
- Bagur-Pons, S, Rosselló-Ramon, M R, Paz-Lourido, B y Verger, S. (2021): El enfoque integrador de la metodología mixta en la investigación educativa. RELIEVE, 27(1). <http://doi.org/10.30827/relieve.v27i1.21053>

- Fao. (2020). Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía 2020: El Director General de la FAO pide una nueva estrategia para frenar la pérdida de suelo. <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/es/c/1294379/>
- Fernández, L.; Gutiérrez, M. (2013): Bienestar social, económico y ambiental para las presentes y futuras generaciones. *Información tecnológica*, 24(2): 121-130. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v24n2/art13.pdf>
- Hamui-Sutton, A. (2013): Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica. *Inv Ed Med*; 2(8):211-216. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505713727145>
- López-Ricalde, C. D.; López-Hernández, E. S.; Ancona-Peniche, I. (2005): Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4(2). <https://revistahorizonte.ujat.mx/index.php/horizonte/article/view/294/223>
- Morales, J. (2018). La gastronomía como atractivo turístico de un destino: caso de estudio Cantón Patate [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27439/1/MORALES%20CUENCA%20JENNIFER%20VALERIA.pdf>
- Reyes-Sánchez, L. B. (2012): Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación química*, 23(2): 222-229. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/req/issue/view/4913>
- Rodríguez Guevara EG (2018). La gestión de la cadena de suministro sostenible en la industria alimenticia. *AD-minister*. (33), p113-134 <https://doi.org/10.17230/ad-minister.33.6>
- Secretaría Nacional de Planificación Ecuador. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>
- Tibán-guala, L. (2000); Desarrollo Sustentable desde la Visión Indianista. ICC, Quito. World Commission on Environment and Development, WCED (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. (United Nations). <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>



**Evaluación de la inocuidad de hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, respecto a contaminantes metálicos**

Evaluation of the food safety in vegetables from urban areas of Cienfuegos, regard to metallic contaminants

Rita Y. Sibello Hernández<sup>1\*</sup>E mail: [ritayvelicesibellohernandez65@gmail.com](mailto:ritayvelicesibellohernandez65@gmail.com)ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1308-2917>Danitza Garlobo de León<sup>2</sup>E mail: [dgleon@ucf.edu.cu](mailto:dgleon@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9661-1136>José R. Mesa Reinaldo<sup>2</sup>E mail: [jrmesa@ucf.edu.cu](mailto:jrmesa@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528><sup>1</sup> Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.<sup>2</sup>Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuba.

\*Autor para la correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Sibello Hernández, R. Y., Garlobo de León, D. y Mesa Reinaldo, J. R. (2024). Evaluación de la inocuidad de hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, respecto a contaminantes metálicos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 81-87. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>**Resumen**

La Agricultura Urbana (AU) aporta grandes beneficios a la seguridad alimentaria de la ciudad, al proporcionar vegetales frescos y diversos. Sin embargo, el hecho de que se desarrolla cerca de las carreteras; la influencia de grandes industrias en muchas ocasiones; así como el uso de diferentes sustratos, la convierten en un punto vulnerable a la contaminación que pudiera ser tóxica para los seres humanos. Entre estos contaminantes están los metales pesados (MP) tales como, el Plomo (Pb), el Arsénico (As), el Zinc (Zn), el Hierro (Fe) y el Cobre (Cu). Los MP son tóxicos y cancerígenos a diferentes concentraciones. Así, el objetivo principal en esta investigación fue evaluar la inocuidad alimentaria de las hortalizas de la AU en la ciudad de Cienfuegos, respecto a los contaminantes metálicos. La determinación de estos elementos se realizó por el método de Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energía (EDFRX), en el Laboratorio de Ensayos Ambientales (LEA) del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). Para la evaluación de la inocuidad se controló el cumplimiento de la NC 493:2015 Contaminantes Metálicos en Alimentos – Regulaciones Sanitarias. Algunos vegetales superaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la NC incumpliendo la misma.

**Palabras clave:**

Agricultura, Seguridad Alimentaria, Inocuidad Alimentaria.

**Abstract**

Nowadays, it is necessary to make food production more efficient to guarantee a varied and nutritious diet for the population. In this sense, urban agriculture brings great benefits to the food security of the city, by providing fresh and diverse vegetables. However, the fact that it is developed near roads, also influenced by the proximity in many cases to large industries, as well as the use of different substrates, not always with all the necessary quality, make it a point vulnerable to contamination that could be toxic to humans. Among these contaminants are metallic contaminants, including heavy metals (HM) such as Lead (Pb), Arsenic (As), Zinc (Zn), Iron (Fe) and Copper (Cu). HMs are toxic and carcinogenic at different concentrations. In this research, the main objective was to evaluate food safety in vegetables from urban agriculture in the city of Cienfuegos, with respect to metal contaminants. The determination of these elements was carried out by the X-ray Fluorescence Spectrometry method, in the Environmental Testing Laboratory (LEA) of the Center for Environmental Studies of Cienfuegos (CEAC). For the safety evaluation, compliance with NC 493:2015 Metallic Contaminants in Foods – Health Regulations was controlled. Some vegetables exceeded the Maximum Limits Established in the NC.

**Keywords:**

Agriculture, Food Safety, Metal contaminants.

## Introducción

En la Cumbre Mundial de Alimentación, celebrada en Roma, en 1996, se declaró que la Seguridad Alimentaria se consigue, cuando a nivel de individuo, hogar, nación y global, todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana. Unido al concepto de Seguridad Alimentaria también se define como una característica necesaria de esta, la Inocuidad Alimentaria. Esta se entiende como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud. La inocuidad se refiere a todos aquellos riesgos asociados a la alimentación que pueden incidir en la salud de las personas, tanto riesgos naturales, como originados por contaminaciones, por incidencia de patógenos, o bien que puedan incrementar el riesgo de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras (Canadá. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1996).

Para Cuba, lograr la soberanía alimentaria es un reto prioritario y debe entenderse como la capacidad de la nación para producir alimentos de forma sostenible y dar acceso a toda la población a una alimentación suficiente, diversa, balanceada, nutritiva, inocua y saludable, reduciendo la dependencia de medios e insumos externos, con respecto a la diversidad cultural y responsabilidad ambiental. En el contexto cubano actual se hace imprescindible sustituir las importaciones y desarrollar los recursos endógenos de los territorios que son ejes estratégicos del Plan Nacional de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional (SAN) (Rendón, 2022).

En este sentido, juega un papel importante en la producción de alimentos la Agricultura Urbana (AU). La AU es considerada como un movimiento por el cual se producen alimentos en ciudades, pueblos y asentamientos poblacionales utilizando al máximo los recursos locales, bajo principios de agricultura sostenible (Rodríguez, et al., 2007).

La AU tiene múltiples bondades para la alimentación de las poblaciones urbanas, sin embargo, tiene riesgos que no lo tiene la agricultura convencional. El hecho de que se desarrolla cerca de carreteras e industrias, así como el uso de diversos materiales utilizados como sustratos, no siempre con la calidad necesaria, la hacen vulnerable a la contaminación. Entre estos contaminantes con mayores probabilidades de afectaciones a los productos agrícolas de la AU, están los contaminantes metálicos. Entre ellos se destacan por su importancia toxicológica los metales pesados (MP) (Anaya, et al., 2022).

La contaminación ambiental por MP se produce fundamentalmente de forma antrópica, producto de los

elementos depositados y distribuidos como resultado de la actividad directa o indirecta de los seres humanos. Todos los elementos trazas clasificados como tóxicos, esenciales o benéficos, (Rehman, et al., 2019) cuando se encuentran en niveles superiores al límite de tolerancia, provocan trastornos metabólicos que atentan contra el normal desarrollo de las plantas, pudiendo conllevar a la muerte del vegetal y finalmente afectar la calidad de vida del ser humano. Los riesgos para la salud debido a la acumulación de MP en las plantas son numerosos (Rehman, et al., 2019; Gupta, et al., 2021 & Tibbett, et al., 2021).

En este contexto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la inocuidad alimentaria de las hortalizas en zonas urbanas de Cienfuegos, Cuba, respecto a los contaminantes metálicos, con el propósito de proponer a las autoridades sanitarias y agrícolas medidas para garantizar la inocuidad de los productos hortícolas.

## Materiales y Métodos

Esta investigación se desarrolló en 17 organopónicos de la ciudad de Cienfuegos durante el período comprendido de enero a noviembre de 2023.

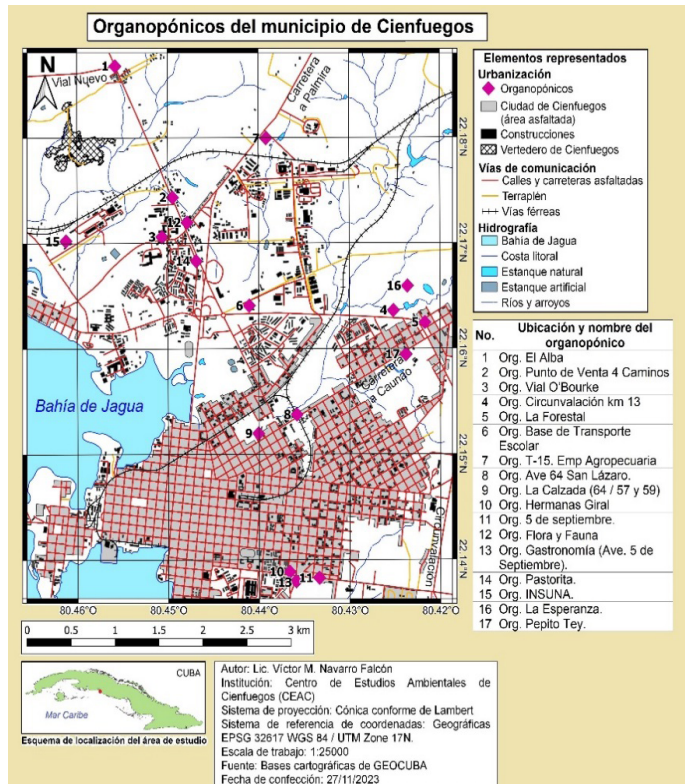
### *Toma de muestras de las hortalizas existentes en los organopónicos identificados*

La toma de muestras se realizó en los organopónicos identificados en la ciudad de Cienfuegos, Cuba. De cada tipo de hortaliza en cada organopónico, se tomaron muestras compuestas de aproximadamente 2 kg de peso fresco, formada por muestras simples tomadas al azar de los distintos canteros, de todos los cultivos que estaban en producción. En la (Figura 1) están representados los organopónicos monitoreados, así como sus nombres de identificación en esta investigación.

Las muestras recolectadas se identificaron correctamente, se ubicaron en bolsas de polietileno y se rotuló la identificación de cada una en las bolsas que las contenían (tipo de hortaliza, organopónico y fecha de muestreo). Posteriormente las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Ensayos Ambientales (LEA) del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) donde se realizó la preparación y posterior medición de las muestras.

Las hortalizas que conformaron las muestras fueron las siguientes (entre paréntesis está el nombre científico correspondiente): ají (*Capsicum annum*); tomate (*Solanum lycopersicum*); lechuga (*Lactuca sativa*); ajo puerro (*Allium porrum*); espinaca (*Spinacia oleracea L.*); acelga (*Beta vulgaris var. Cicla*); remolacha (*Beta vulgaris*) y la habichuela (*Phaseolus vulgaris*).

**Fig. 1.** Mapa con la ubicación de los organopónicos de la ciudad de Cienfuegos, identificados en esta investigación.



**Fuente:** Elaboración propia

### *Determinación de las concentraciones de los contaminantes metálicos en las muestras*

Para la posterior medición, las muestras pasaron por una serie de procesos de preparación.

### *Limpieza de las muestras*

Las muestras se limpiaron, eliminando todo aquello que no formó parte de ellas (terrones, piedras, otros materiales ajenos a las muestras).

### *Secado y tamizado de las muestras*

El secado de las muestras se realizó según el procedimiento del Sistema de Gestión de la Calidad establecido en el Laboratorio de Ensayos Ambientales (LEA), basado en las Norma ISO: 17025. Las muestras de las hortalizas ya limpiadas, se pesan y se anota el peso fresco (PF). Se corta la muestra en porciones pequeñas, se bate y se congela en una nevera. Posteriormente se liofiliza utilizando una liofilizadora modelo 101021 de fabricación CHRIST, con bombas de vacío modelo RZ-2, por un tiempo de 24 horas y luego se vuelve a repetir la misma operación por 8 horas, se anota el peso y se introduce en la estufa a 45 °C. Se determina si la muestra está totalmente seca, colocando la muestra en una desecadora hasta que se enfríe,

se pesa, y se coloca de nuevo en la estufa durante 30 minutos y se repite el paso anterior. Se considera la muestra seca cuando no existan variaciones mayores de un 5% entre tres valores de peso de la muestra. Debe cumplirse la siguiente expresión:  $(\sigma_p/P) * 100 \leq 5\%$ , donde P es el promedio de tres pesos sucesivos y  $\sigma_p$  es la desviación estándar de esos tres pesos sucesivos con respecto a su promedio. Se anota el peso seco (PS) de la muestra.

Posteriormente, la muestra se muele o tritura en un mortero, se tamiza por una malla de 125  $\mu$ m y se envasa. La muestra así preparada, pasa a la Sección de Metales del LEA, donde se determina el contenido de los contaminantes metálicos. Conocer la relación PS/PF es importante para poder expresar los resultados de cualquier ensayo en relación con su peso seco o su peso fresco indistintamente.

### *Medición de las concentraciones de contaminantes metálicos en las muestras de hortalizas*

La determinación de los contaminantes metálicos se realizó por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Energías (EDXRF), utilizando el Espectrómetro Epsilon 3XLE (Malvern – Panalytical, Almelo, Holanda) existente en el LEA y el procedimiento utilizado fue el de Aplicación Analítica para Material Biológico del Sistema de Gestión de la Calidad del LEA, del CEAC. Este ensayo está acreditado.

De cada una de las muestras tamizadas, se tomaron 5 g y se vertieron en moldes de acero, procurando una distribución homogénea, garantizando que la densidad másica fuera constante, luego se le aplicó 11 ton de presión por un min, utilizando una prensa Carver (Modelo 3762CE, USA), formando pastillas de 31 mm de diámetro. Estas pastillas de cada muestra de vegetal se midieron por EDXRF para la determinación de los metales. El software utilizado en el procesamiento de los resultados de la EDXRF fue el Epsilon 3. El Límite de Cuantificación del Método (LCM) es 2 mg/kg de Peso Seco (PS).

### *Control interno de la calidad de la medición*

Para el control de la calidad de los ensayos se realizó la medición de uno o varios materiales de referencia certificados (NIST-1573<sup>a</sup>; IAEA-413). El criterio de aceptación es de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de gráficos de control. Se comprobó que el ensayo estaba en control.

### *Evaluación de la inocuidad alimentaria respecto a los contaminantes metálicos de los vegetales monitoreados según la NC 493:2015.*

La evaluación de la inocuidad alimentaria de las hortalizas monitoreadas se realizó comparando los valores obtenidos para los diferentes metales, con los valores de referencia establecidos como Límites Máximos Permisibles

(LMP) en la NC 493: 2015 respectivamente para cada elemento, en vegetales frescos (Cuba. Norma Cubana 493. (2015)).

Teniendo en cuenta que para vegetales frescos aún no se han establecido en la NC: 493:2015 los LMP para los siguientes elementos: As, Zn, Fe, y Cu, la comparación se hizo con valores establecidos en la norma para otros alimentos o con artículos científicos reportados por otros autores. Se consultó la *Commission Regulation* (EC) No 1881/2006 (Austria. EC. (2006) y el (Codex, 1999).

### Elaboración de un Plan de Medidas para dar solución a los incumplimientos de la NC 493:2015

A partir de los resultados de la evaluación de la inocuidad de las hortalizas monitoreadas se propuso un Plan

de Medidas a las autoridades sanitarias y agrícolas para garantizar la inocuidad de los productos hortícolas.

### Resultados y discusión

En la (Tabla 1) se muestran los rangos en los que variaron las concentraciones (en peso fresco) de los cinco elementos estudiados en las hortalizas analizadas y se comparan con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma Cubana (NC 493 2015).

Como se puede observar en la (Tabla 1), en 5 muestras de las 52 analizadas se sobrepasan los niveles límites para el Pb de la Norma Cubana, en 2 para el Zn y en 13 para el Fe, lo que representa un 38 % del total de muestras analizadas.

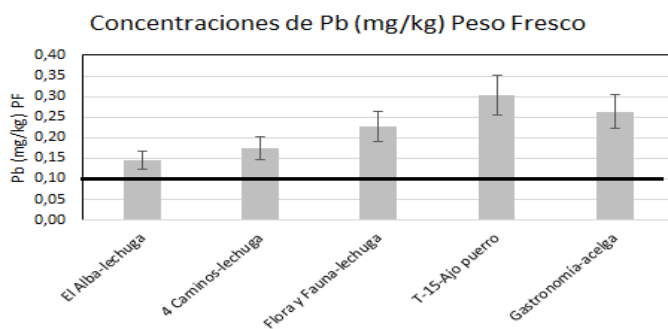
**Tabla 1.** Cumplimiento de la Norma Cubana sobre contaminantes metálicos en alimentos.

	Concentración (mg/kg) peso fresco (n = 52)				
	Pb	As	Zn	Fe	Cu
<b>Niveles encontrados en las hortalizas</b>	<0,086 – 0,30	<0,075 – 0,20	<0,44 – 14,41	<4,06 – 73,70	0,43 – >4,49
<b>LMP</b>	0,1	0,3	10	15	5
<b>Número de muestras que excedieron los LMP</b>	5 (9%)	0	2 (3%)	13 (25%)	0

Fuente: Elaboración propia

La mayor concentración de Pb se encontró en la muestra de ajo puerro (*Allium porrum*), del organopónico T-15; seguido por la acelga (*Beta vulgaris var. Cicla*) perteneciente al organopónico Gastronomía. En la lechuga (*Lactuca sativa*), los mayores valores se encontraron, en orden de mayor a menor, en el organopónico Flora y Fauna; en el organopónico Cuatro Caminos y en el organopónico El Alba (Ver Figura 2).

**Fig. 2.** En cinco de los diecisiete organopónicos monitoreados se determinaron concentraciones de plomo en algunas hortalizas que sobrepasaron los LMP establecidos en la NC 493:2015, lo que constituye un incumplimiento de la misma.



Fuente: Elaboración propia

Con excepción de estas 5 muestras que sobrepasaron el LMP para el Pb establecido en la NC (Figura 2), el resto mostraron concentraciones de Pb por debajo del Límite de Cuantificación del método (< 2mg/kg PS). Comparando los resultados para el Pb en esta investigación, en el rango <0,086 – 0,30 mg/kg PF con los reportados por

Olivares, et. al, (2013), para este elemento (<0,08-0,28) mg/kg PF, en hortalizas de una zona altamente urbanizada, se constata una buena correspondencia.

La absorción y translocación de Pb por deposición atmosférica en las hojas puede llegar a ser de un 73 a 95 % del contenido de Pb total en plantas de hoja (Kabata & Pendias, 2000). Se conoce que el plomo en las plantas proviene de la absorción de los suelos o de la deposición atmosférica. Cuando la vía de contaminación es a través de la absorción del plomo de los suelos, la mayor acumulación ocurre en las raíces de las plantas. Una de las vías de contaminación de las hojas y frutos con plomo es la deposición de este metal procedente del polvo atmosférico y de los suelos contaminados. El plomo es absorbido por las células de las hojas y aunque parte del mismo puede eliminarse por el lavado, una fracción importante pasa al tejido de la planta. Es entonces significativo que las partes de las hortalizas contaminadas con plomo fueron las hojas, lo que sugiere esta vía como fuente de contaminación (Olivares, et. al., 2013).

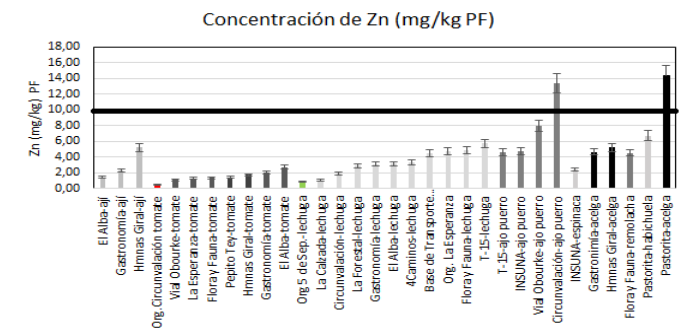
Está reportado que entre las fuentes de plomo más comunes están las emisiones industriales y el uso de compuestos plomados en la gasolina. Por otra parte, también puede introducirse como parte de los fertilizantes fosfóricos, el compost, los lodos residuales y por la aplicación de pesticidas (Rehman, et al., 2019). Todas estas fuentes de plomo es muy probable que coexistan en los organopónicos investigados, muchos de ellos están ubicados en áreas colindantes a grandes avenidas y carreteras de mucho tráfico, como es el caso de los organopónicos en los que se encontraron los valores más altos de Pb.

Los valores de As obtenidos en esta investigación, están en todas las hortalizas monitoreadas, por debajo del LC, todos los valores son menores que 0,5 mg/kg en PF (LC determinado para la acelga del Organopónico Pastorita). La ingesta diaria admisible (IDA) para el As, establecida en la NC 493:2015, es 0,05 mg/kg de peso corporal. El LMP establecido en las normas Codex Alimentarius (FAO/OMS) para el As es 0,5 mg/kg PF (Grandez, 2021). En ninguna de las hortalizas monitoreadas se sobrepasa este valor, lo que indica que las hortalizas son inocuas respecto al As.

Los resultados obtenidos de Zn en las hortalizas muestreadas en la presente investigación, van desde un valor < 0,44 hasta un valor máximo de 14,41 mg/kg de peso fresco (PF), los cuales están en el mismo orden de magnitud que los valores reportados para hojas de lechuga (Olivares, et al., 2013 & Jassa, 2014). Estos valores son considerados como normales (Chen, 2023). La Ingesta Diaria Permisible (IDA) para el Zn establecida en la NC 493:2015 es 1,0 mg/kg de peso corporal/día, la cual indica que es muy poco probable que se supere por el consumo de las hortalizas monitoreadas, indicando que los cultivos monitoreados son inocuos respecto al Zn. Por otra parte, tomando como referencia el LMP establecido para el Zn en la NC 493:2015, para conservas de hortalizas en envases de hojalata, que es 10 mg/kg de PF, todos los valores están por debajo del límite admisible, indicando su inocuidad respecto a este elemento, con excepción del ajo puerro del organopónico Circunvalación y la acelga del organopónico Pastorita, que sí lo sobrepasan (Figura 3).

Los mayores valores tanto del Zn como del Pb, que sobrepasaron los LMP, se encontraron en el ajo puerro y en la acelga, aun cuando provienen de organopónicos diferentes (para el caso del Pb de los organopónicos T-15 y Gastronomía y para el Zn, de los organopónicos Circunvalación y Pastorita) lo que sugiere que estas hortalizas tienen la capacidad de acumular más estos elementos que el resto de los cultivos.

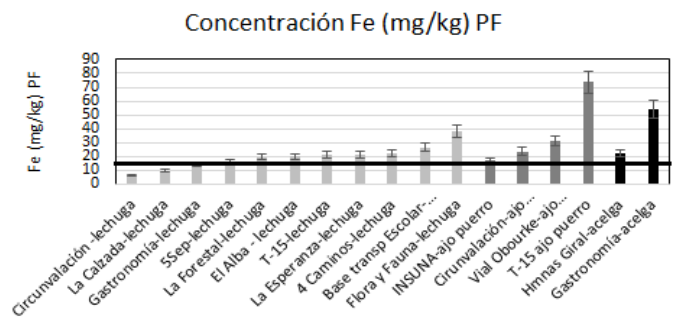
**Fig.3.** Valores de Zn determinados en las hortalizas investigadas.



Fuente: Elaboración propia

Los valores de Fe estuvieron en un rango de (<4,06 mg/kg PF hasta un valor máximo de 73,70 mg/kg). Estos valores están también en el mismo orden de magnitud que los valores reportados previamente por Jassa (2014), (22,9 – 72,5) mg/kg de PF, en hortalizas cosechadas en organopónicos cienfuegueros. Como puede observarse en la (Figura 4), los mayores valores de Fe se encontraron en la lechuga, acelga y ajo puerro, lo cual es indicativo del valor nutricional de estas hortalizas respecto a este microelemento, esencial para la formación de la hemoglobina en el organismo. La IDA para el Fe es 0,8 mg/kg de peso corporal/día (NC 493:2015). De las concentraciones de Fe representadas, 13 superan el límite admisible establecido (15 mg/kg) para este elemento en puré de frutas para niños; jugos y néctares en la NC (en hortalizas no se ha establecido el LMP para el Fe en la NC); sin embargo, es poco probable que se supere la IDA para este elemento.

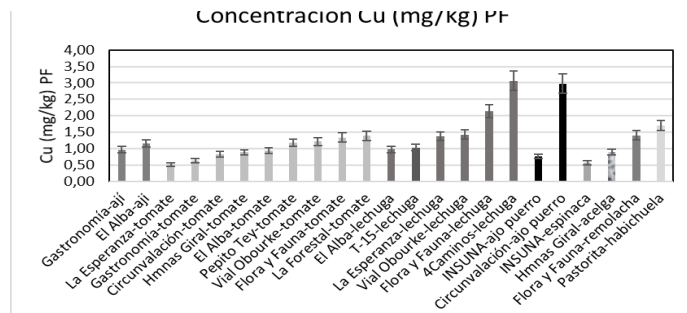
En las muestras de tomate, habichuela, ají y pepino los valores de Fe estuvieron siempre por debajo del LC del método, por lo que no se pudieron cuantificar sus concentraciones en estas hortalizas. Dicho en otras palabras, podemos decir que las hortalizas de fruto tuvieron los valores más bajos de Fe.



Fuente: Elaboración propia

El Cu es uno de los elementos más estudiados en la última década por la toxicidad que puede provocar. Los valores de Cu en las hortalizas monitoreadas están desde un valor mínimo de 0,43 mg/kg hasta un valor máximo mayor de 4,49 mg/kg en peso fresco. También estas concentraciones son similares a las reportadas por Olivares, *et al.*, (2013), esto es en el rango (0,06 – 4,71) mg/kg PF. En ninguno de los cultivos analizados se sobrepasó el LMP establecido para este elemento (5 mg/kg PF) para conservas de frutas y puré de frutas para niños, concluyendo que las hortalizas monitoreadas son también inocuas respecto al Cu (Figura 5). Valores de Cu entre 2 y 250 mg/kg de Cu pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas Adriano (2001).

**Fig. 5.** Concentraciones de Cu en las hortalizas monitoreadas.



**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados obtenidos de la evaluación de la inocuidad alimentaria de las hortalizas cosechadas en los organopónicos de la ciudad de Cienfuegos respecto al Pb, As, Zn, Fe y Cu en relación a los LMP establecidos en la NC 493:2015, sugieren la necesidad de tomar medidas para garantizar la inocuidad de las producciones hortícolas de la AU.

Plan de medidas para dar solución a los incumplimientos de la NC 493:2015.

1. Incrementar el control de los tenores de plomo, hierro y zinc en los productos alimenticios que se pondrán en circulación.
2. Analizar los sustratos de los organopónicos en que fueron determinadas las violaciones de la NC así como los materiales orgánicos para su mejoramiento.
3. Analizar la calidad del agua del riego.
4. Cubrir los cultivos de los organopónicos con telas finas que limiten las deposiciones de contaminantes.
5. En los organopónicos donde se determinen altos contenidos de contaminantes utilizar cultivos no acumuladores.

## Conclusiones

Se determinaron las concentraciones totales de metales pesados de importancia toxicológica en las hortalizas producidos en la Agricultura Urbana de la Ciudad de Cienfuegos. Se evaluó la inocuidad alimentaria de las hortalizas provenientes de la Agricultura Urbana teniendo en cuenta la NC 493:2015 y se comprobó que hay incumplimientos de esta norma, porque existen concentraciones de elementos metálicos que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles en algunas de las hortalizas monitoreadas. Se redactó un Plan de Medidas para minimizar los daños de la contaminación en los organopónicos, puesto a disposición de las autoridades agrícolas y sanitarias.

## Recomendaciones

El Comité Técnico de Normalización deberá trabajar para el establecimiento de los Límites Máximos Permisibles que aún no han sido establecidos en la Norma Cubana NC:493: 2015.

Se recomienda aplicar el Plan de Medidas propuesto y extender la investigación a otros organopónicos de la provincia

## Agradecimientos

Al Programa Territorial de Ciencia y Técnica, Seguridad Alimentaria, de la Delegación de la Agricultura, por la aprobación y el financiamiento del proyecto Contribución al fortalecimiento de la gestión de la inocuidad alimentaria en la provincia de Cienfuegos apoyado en un programa de monitoreo de contaminantes químicos como herramienta, al cual tributan los resultados presentados; a la Ing. Yusdiany Pareira Cuellar y a los técnicos Víctor Fonseca y Santiago Gil, integrantes del proyecto y quienes participaron en las colectas de muestras; al Laboratorio de Ensayos Ambientales del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos por la preparación y medición de las muestras.

## Referencias Bibliográficas

- Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments. *Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals*. Springer-Verlag
- Anaya, R. M.A.; Rangel, M. F.M; Iannacone, O.J.A.; Romero, E. L.M. (2022). Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática. *IDESIA*, 40(3), 33-41.
- Austria. Commission Regulation. (2006). (EC) No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. IN COMMUNITIES, T. C. O. T. E. (Ed.), *Official Journal of the European Union*.
- Canadá. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1996). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action.
- Chen, L.J. (2023, 7 de septiembre). *La función del zinc en el cultivo de plantas*. ED Bloodnic Blog. <https://pthorticulture.com/es>
- CODEX. (1999). Norma General Del Codex Stan 193-1995, Para Los Contaminantes Y Las Toxinas Presentes En Los Alimentos Y Piensos. Codex Stan 193\_1995, 1-48.
- Cuba. Norma 493 (2015). *Contaminantes Metálicos en Alimentos. Regulaciones Sanitarias. NC 493*.
- Grandez Alva B. J. (2021). *Evaluación de metales pesados en hortalizas de dos procedencias comercializadas en el mercado modelo de Chachapoyas, Amazonas*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental]. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

- Gupta, N.; Yadav, K.; Kumar, V.; Krishnan, S.; Kumar, S.; Nejad, Z.; Alam, J. 2021. Evaluating heavy metals contamination in soil and vegetables in the region of North India: Levels, transfer and potential human health risk analysis. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 82: 103563. DOI: [10.1016/j.etap.2020.103563](https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103563)
- Kabata-Pendias, A. & Pendias H. (2000). Trace Elements in Soils and Plants, *CRC Press LLC, Third Edition*, Boca Raton and Estados Unidos
- Olivares Riemount S., García Céspedes D., Lima Carzola L., Saborit Sánchez I., Ilizo Casals A., Pérez Álvarez. (2013). Niveles de Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la Ciudad de la Habana, Cuba. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (4) 285 – 294
- Rehman, K.; Bukhari, S.M.; Andleeb, S.; Mahmood, A.; Erinle, K.O.; Naeem, M.M.; Imran, Q. (2019). Ecological risk assessment of heavy metals in vegetables irrigated with groundwater and wastewater: The particular case of Sahiwal district in Pakistan. *Agricultural Water Management*, 226: 105816. DOI: [10.1016/j.agwat.2019.105816](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105816)
- Rendón, M.F. (2022, 21 de marzo). *Ley sobre soberanía y seguridad alimentaria*. En esta noticia: Cuba, Leyes, Legislación, Soberanía y Seguridad Alimentaria. Portal Cuba. <http://cuba.cu/medio-ambiente/2022-03-21/ley-sobre-soberania-y-seguridad-alimentarias-en-cuba-por-que-es-necesaria-/59304>
- Rodríguez, A.; Companioni, N. y Peña, E. (2007). Manual técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida. 184 p.
- Tibbett, M.; Green, I.R.; De Oliveira, V.; Whitaker, J. (2021). The transfer of trace metals in the soil-plant-arthropod system. *Science of The Total Environment*, 779, 146260. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.146260](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146260)

# 13

Recibido: abril, 2024 Aceptado: mayo, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia en condiciones de viveros con la aplicación del Pectimorf y Radix-P

Response of vegetative development of Stevia in nursery conditions with the application of Pectimorf and Radix-P

Enrique Casanovas Cosío<sup>1\*</sup>

Email: [ecasanovas@ucf.edu.cu](mailto:ecasanovas@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5884-3922>

Miguel Antonio Silveira Caminero<sup>2</sup>

E-mail: [miguelantoniosilveriacaminero@gmail.com](mailto:miguelantoniosilveriacaminero@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8957-4585>

<sup>1</sup> Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba.

<sup>2</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

\*Autor para la correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Casanovas Cosío, E. y Silveira Caminero, M. A. (2024). Respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia en condiciones de viveros con la aplicación del Pectimorf y Radix-P. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 88-96. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

Con el objetivo de conocer la respuesta del desarrollo vegetativo de Stevia rebaudiana Bertoni en condiciones de viveros, en un organopónico de Cienfuegos, con la aplicación de oligogalacturonidos-Pectimorf y Radix-P se realizó un experimento en un diseño completamente aleatorizado para tres tratamientos con las dosis recomendadas por los fabricantes (I-Pectimorf, II-Radix-P y Testigo). Se muestreó cada 15 días desde los 30 hasta 75 días variables morfológicas de la parte aérea y de las raíces por muestreo destructivo. Los esquejes alcanzaron un 88,3% de supervivencia a nivel de experimento. La propagación asexual de la Stevia hasta los 75 días con la inclusión del Radix y el Pectimorf no influyen en el número de ramas, número de hojas y la altura, pero si son mayores los valores del área foliar y peso de las hojas con respecto al testigo. Los mayores valores del número y el área de las raicillas se encontraron con la inclusión del Radix, que para el peso de las raicillas fue superior contra el testigo; pero sin diferencias entre los dos tratamientos restantes.

### Palabras clave:

Asexual, Foliar, Oligogalacturónidos, Propagación, Radical.

### Abstract

To know the response of the vegetative development of *Stevia rebaudiana* Bertoni under nursery conditions, in an organoponic plant in Cienfuegos, with the application of oligogalacturonides - Pectimorf and Radix-P, an experiment was carried out in a completely randomized design for three treatments with the doses recommended by manufacturers (I-Pectimorf, II-Radix-P and Witness). Morphological variables of the aerial part and roots were sampled every 15 days from 30 to 75 days by destructive sampling. The cuttings reached 88.3% survival at the experiment level. The asexual propagation of Stevia up to 75 days with the inclusion of Radix and Pectimorf does not influence the number of branches, number of leaves, and height, but the values of the leaf area and weight of the leaves are greater concerning the witness. The highest values of the number and area of the rootlets were found with the inclusion of Radix, which for the weight of the rootlets was higher against the control; but without differences between the two remaining treatments.

### Keywords:

Asexual, Foliar, Oligogalacturonides, Propagation, Radical.



## Introducción

En la actualidad, el aumento considerable de la obesidad, la diabetes y los problemas de la presión arterial en la salud humana, han dado lugar a cambios en los patrones alimenticios de las personas con dichos padecimientos a escala global. Adoptar una vida más sana permite sustituir ciertos alimentos por otros más benéficos para la salud, se han realizado diversas investigaciones para la obtención de sustitutos del azúcar. Muchos de los pacientes con diabetes utilizan los edulcorantes en sus comidas diarias ya que estos endulzan sus alimentos, pero sin aportar grandes cantidades de calorías. En el mundo se han creado varios edulcorantes no calóricos, sobresaliendo el extracto que contiene glucósidos de steviol (esteviósidos) obtenido de las hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni (García-Hernández, et. al., 2022).

Esta planta se ha usado tradicionalmente como un endulzante natural en Sudamérica, y desde hace más de 20 años en Japón (Kumar et. al., 2010). Es originaria del noreste paraguayo, en los límites con Brasil, donde crece en estado silvestre, existen más de 300 variedades de *Stevia*, pero solo la *Stevia rebaudiana* Bertoni, contienen en sus hojas esteviósidos y rebaudiósidos, que se estima poseen un poder endulzante que varía de 100 a 300 veces mayor que la sacarosa. Esta capacidad endulzante ha conducido a considerarla como una buena alternativa para reemplazar edulcorantes que han sido cuestionados frecuentemente por su carácter artificial. Además, reduce los niveles de glucosa en la sangre hasta en un 35%, contiene cero calorías y posee alta demanda internacional por parte de Japón, China, Corea, Taiwán, Israel, Paraguay, Uruguay y Brasil (Espitia, et. al., 2006).

La reproducción de esta especie se realiza por tres vías, la sexual por siembra directa de las semillas y dos asexuales que son por medio de esquejes y por micropropagación. Está mencionado la propagación por esquejes como la más distribuida en el mundo a pequeña y mediana escala (Shock, 2015).

Aunque la reproducción más eficiente es la micropropagación o propagación in-vitro, pero a su vez es la de mayor insumo y no está a la mano de los productores, por lo que la reproducción por medio de esquejes se convierte en la mejor alternativa para su reproducción y también con el fin de conservar las características genéticas obtenidas de plantas adultas seleccionadas y fito-sanitariamente sanas.

Existen investigaciones en América Latina en las cuales se han empleado diferentes productos (hormonas y biopreparados) como promotores del crecimiento en la producción de *Stevia rebaudiana* por esquejes para

determinar su desarrollo vegetativo y factibilidad económica (Quesada, 2011, Ayaviri, 2010, Suarez, 2014).

Centros científicos de Cuba han desarrollado diversos biopreparados como promotores de enraizamientos con vistas a disminuir los costos de producción y obtener plantas más vigorosas. Uno de estos biopreparados que estimulan el crecimiento es el PECTIMORF®, el cual se ha empleado en cultivos tales como: el frijol *Phaseolus vulgaris* L. (Alvarez, 2015), la guayaba *Psidium guajaba* L. (Ramos, et al., 2013), la yuca *Manihot esculenta* Crantz (Suarez, 2008), y algunos cítricos como mandarina cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan), *Citrus macrophylla* Wester (Bao, 2013), entre otros, obteniendo excelentes resultados en cada una de sus funciones principales. Además, existe un biopreparado sólido denominado Radix-P registrado, con los mismos principios activos del Pectimorf, que están basados por una mezcla de oligosacáridos biológicamente activos, obtenidos a partir de la pectina cítrica, cuyo principio activo es una mezcla de  $\alpha$ -1,4-oligogalacturónidos con grado de polimerización (GP) entre 9 y 16 (Cabrera, et. al., 2003).

Por lo que se planteó como objetivo evaluar la respuesta en las mismas condiciones del desarrollo vegetativo de *Stevia rebaudiana* Bertoni en condiciones de viveros con la aplicación del PectiMorf (formato líquido) y Radix-P (formato sólido) en esquejes seleccionados.

## Materiales y métodos

### Situación de la investigación

La investigación se realizó en el organopónico “5 de Septiembre” de la ciudad de Cienfuegos, donde existían 15 plantas de *Stevia* de la variedad criolla con 12 meses de edad.

### Procedimiento experimental

De cada planta se tomaron cuatro esquejes apicales bien conformados de 8 cm de longitud. La siembra se realizó en bolsas de polietileno negro de 12,5 cm x 20 cm con suelo local, clasificado como Pardo sin carbonatos (Hernández, et al., 2019). El riego, por saturación, se realizó los primeros 21 días en dos secciones por la mañana y por la tarde y a partir del día 22 hasta el final del experimento solo una vez al día (por las tardes).

La distribución de las bolsas se realizó de forma aleatoria en el área de vivero (3m<sup>2</sup>), para así evitar posibles sesgos por la influencia de la sombra en partes específicas del área y el efecto de los cambios de la intensidad solar, en función de las horas del día.

El diagnóstico de suelo se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Contenido de nutrientes del suelo.

Indicadores	Valor	Método empleado
pH	7,06	Método Potenciométrico (NC ISO 10390, 2009)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg 100 g <sup>-1</sup>	25,7	Método Colorimétrico de Oniani (NC- 52:1999)
K <sub>2</sub> O, mg 100 g <sup>-1</sup>	14,5	Método Colorimétrico de Oniani (NC- 52:1999)
Materia Orgánica, %	2,40	Método Walkley- Black colorimétrico (MINAG, 1999)
Nitrógeno, %	0,30	Método Colorimétrico Nessler (MINAG, 1999)

**Fuente:** Laboratorio de suelos de Camagüey

### *Diseño experimental*

Se empleó un diseño completamente aleatorizado unifactorial con tres tratamientos y 20 réplicas. Los tratamientos fueron los siguientes:

I- esqueje apical tratado con PectiMorf® (20 mg L<sup>-1</sup>), concentración establecida por los fabricantes.

II- esqueje apical tratado con Radix-P, 100 g del producto diluidos en 200 g de agua filtrada (concentración 33,3 %), concentración establecida por los fabricantes.

III- Testigo, sin ningún biopreparado.

### *Análisis y variables evaluadas.*

En cada tratamiento se realizó un muestro destructivo de tres plantas a los 30, 45, 60 y 75 días (intervalo de 15 días). La selección de las plantas se realizó en correspondencia con el promedio de la altura por tratamiento para el momento evaluado.

Las variables medidas en los cuatro momentos fueron:

- Supervivencia, (esquejes muertos/esquejes plantados) \* 100, diagnosticados por días, %
- Número de hojas, unidades (u)
- Incremento relativo de las hojas, unidades (u)
- Número de ramas, unidades (u)
- Área foliar, mm<sup>2</sup>, software Image versión 1.45 (National Institute of Health. NHI-2007)
- Peso aéreo foliar fresco, mg (pesa analítica graduada)
- Altura de las plantas, cm (cinta métrica)
- Número de raíces, unidades (u)
- Área de las raíces, mm<sup>2</sup>, software Image versión 1.45 (National Institute of Health. NHI-2007)
- Peso fresco de las raíces, g (pesa analítica graduada)

### *Métodos estadísticos*

Los datos se asentaron en el programa estadístico IBM. SPSS v20. Se realizó un análisis de varianza para  $P \leq 0,05$ , mediante la prueba de Kruskal Wallis (Siegel & Castellan,

1995). Se optó por este método porque no se cumplió el supuesto de normalidad en todos los tratamientos.

### *Resultados y Discusión*

Los esquejes tuvieron buena supervivencia, ya que de los 60 solo no sobrevivieron siete (11,7 %) en la etapa inicial. Por cada tratamiento fue de la siguiente forma: I- 2 (10,0%) a los 10 días, II- 2 (10,0 %) entre 12 y 15 días y el III- 3 (15,0 %) entre 12 y 15 días.

Otras investigaciones acusan una supervivencia de la plantación asexual de la parte apical, en un medio de compuesto por arena y vermiculita (1:1 volumen), mayores de 90,0 % (Tamura, et. al., 1984).

Veintimilla (2013) plantea, que el prendimiento de Stevia en su estudio previo a la obtención de plántulas para la siembra y estudios agronómicos de esta especie exótica, fue más alto cuando se empleó esquejes, con un promedio de 94,4 %, seguido de la multiplicación mediante la técnica de acodos aéreos con 89,2 % y en el último lugar el de ramilla con un promedio de 68,9. El promedio general del ensayo fue de 84,2 % con un coeficiente de variación del 15,27 %.

Para el periodo de evaluación al que se sometió a la Stevia no se evidenció ninguna afectación de plagas o enfermedades, esto pudo estar dado a la aplicación previa de Trichoderma en el suelo que se utilizó y la aspersion foliar de oxiclورو de cobre (Cuproflow) en bajas concentraciones 5 cc L<sup>-1</sup> al comenzar la evaluación. Estas medidas preventivas se realizaron porque en investigación anterior realizada sobre el marco de siembra la Stevia a los 98 días murió por el ataque de *Fusarium* sp (Casanovas, et. al., 2015).

El número de hojas para los momentos evaluados no presentó diferencias entre tratamientos entre los cuatros momentos evaluados, con valores finales de 24,00; 25,33 y 22,67 hojas para los tratamientos I, II y III, respectivamente (Tabla 2). Estos resultados son inferiores a los presentados por Alonso (2015) con la aplicación de Pectimorf en Stevia, que ya a los 20 días mostraron un aumento de 10 hojas por tratamiento junto al testigo, que luego a los 40 días se mostraban con una media entre 30 y 40 hojas.

**Tabla 2.** Comparación del número de hojas por tratamientos.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(7,33) a 12,67	(7,67) a 16,67	(6,33) a 22,00	(5,00) a 24,00
II	(5,50) a 11,67	(5,00) a 15,00	(6,67) a 22,67	(8,00) a 25,33
III	(2,17) a 10,33	(2,33) a 13,33	(2,00) a 19,33	(2,17) a 22,67
P	0,61 NS	0,61 NS	0,61 NS	0,55 NS

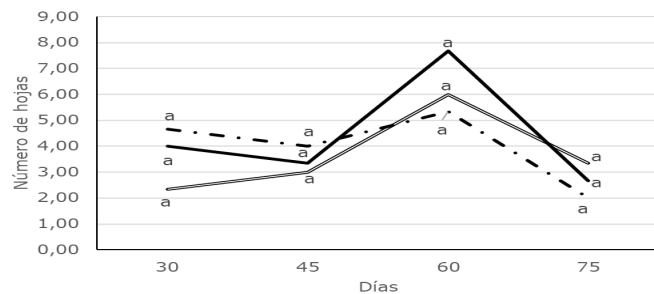
Valores en la misma columna con superíndices iguales no difieren para  $P < 0,05$  (Kruskal Wallis)

Leyenda: ( ) Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Jarma, et al. (2005) evidencian en su estudio fisiológico sobre Stevia que la mayor proporción de la biomasa de las hojas, con respecto a la del tallo, en los primeros 60 días indica que la planta se dedicó a fortalecer su aparato fotosintético en ese periodo. Para este estudio, se mostró esta tendencia en los tres tratamientos con el mayor incremento relativo de hojas a los 60 días, con valores de 5,32; 7,67 y 6,00 hojas para los tratamientos I, II y III, respectivamente (Fig. 1).

**Fig.1.** Comparación del número de hojas, u



Valores en la misma quincena con superíndices iguales no difieren para  $P < 0,05$  (Kruskal Wallis)

Leyenda: - - - PECTIMORF®; — Radix-P; — Testigo

Fuente: Elaboración propia

Para el número de ramas por plantas entre tratamientos no se encontraron diferencias significativas hasta los 75 días de evaluación (Tabla 3). Se notó un incremento de las ramas para este periodo, ya que los esquejes se plantaron sin ramas y alcanzaron 10,67; 9,67 y 9,33 ramas para los tratamientos I, II y III, respectivamente. Alonso (2015) acusa en su estudio sobre Stevia que a los 20 días después de ser tratados los esquejes con biopreparados ya mostraban cinco ramas promedio cada tratamiento. Esta variable no coincide con los datos reflejados en la Tabla 3, donde posterior a los 45 días y antes de los 60 días es que se deben haber alcanzado estos valores.

**Tabla 3.** Comparación del número de ramas entre tratamientos.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(5,5) a 1,67	(5,67) a 3,67	(5,67) a 7,00	(6,33) a 10,67
II	(4,00) a 1,33	(4,67) a 3,33	(5,33) a 7,33	(4,67) a 9,67
III	(5,5) a 1,67	(4,67) a 3,33	(4,00) a 6,33	(4,00) a 9,33
P	0,670 NS	0,868 NS	0,710 NS	0,544 NS

Valores en la misma decena con superíndices iguales no difieren para  $P < 0,05$  (Kruskal Wallis)

Leyenda: ( ) Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Como señalan Rincón et. al. (2011) para estimar el área foliar en las investigaciones agrícolas existen equipos automáticos, pero costosos y de escasa disponibilidad, Por ello fue comparado el área foliar con el uso de cámara digital y el procesamiento con el software ImageJ contra un medidor de área foliar. Llegaron a la conclusión que los altos valores de correlación obtenidos entre los métodos permiten el uso con precisión del programa ImageJ.

Aunque se había señalado que no había diferencias entre el número de hojas entre tratamientos (Tabla 2) las diferencias encontradas para el área foliar (Tabla 4) se deben al tamaño de las hojas, que a los 75 días son mayores para el tratamiento II con respecto al testigo, aunque no difieren del tratamiento I.

Aunque, con la variedad Morita I, Aguirre-Medina, et. al., (2018) en 70 días obtuvieron 1728 cm<sup>2</sup> por área foliar al inocular con brasinoesteroides.

**Tabla 4.** Comparación del área foliar entre tratamientos, cm<sup>2</sup>.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(7,33)a 19,126	(6,67)a 26,335	(5,00)ab 28,802	(5,00)ab 30,117
II	(5,67)a 18,783	(6,33)a 25,246	(8,00) b 32,332	(8,00) b 38,218
III	(3,05)a 12,534	(2,00)a 14,924	(2,00) a 19,043	(2,00) a 25,692
P	0,59 NS	0,65 NS	0,03*	0,04*

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para P<0,05 (Kruskal Wallis).

Leyenda: ( ) Rangos promedios

**Fuente:** Elaboración propia.

El peso de las hojas (Tabla 5), como característica cualitativa del sistema foliar de una planta, presentó las mismas diferencias que el área foliar (Tabla 4). El mayor valor se encontró para el tratamiento II con 869,00 mg que fue

mayor (P<0,05) que el valor encontrado para el testigo (556,33 mg) a los 75 días y no diferente del valor del tratamiento del Pectimorf (686,67 mg).

**Tabla 5.** Comparación del peso foliar entre tratamientos, mg.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(4,33) a 321,33	(3,33)a 383,67	(5,00)ab 561,00	(5,00)ab 686,67
II	(7,33)a 376,00	(8,00)a 524,00	(8,00)b 769,33	(8,00)b 869,00
III	(3,33)a 294,00	(3,67)a 387,33	(2,00) a 446,00	(2,00)a 556,33
P	0,177 NS	0,066 NS	0,027 *	0,027 *

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para P<0,05 (Kruskal Wallis).

Leyenda: ( ) Rangos promedios

**Fuente:** Elaboración propia.

La altura no presentó diferencia para ningún tratamiento en el periodo comprendido del experimento. Los valores

fueron muy similares con 12,350; 12,983 y 12,140 cm para los tratamientos I, II y III, respectivamente (Tabla 6).

**Tabla 6.** Comparación de la altura entre tratamientos, cm.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(4,17) a 9,061	(5,00) a 9,967	(6,00) a 10,892	(8,00)a 12,350
II	(4,17)a 9,233	(5,00)a 10,207	(6,00)a 11,475	(8,00)a 12,983
III	(4,17) a 9,006	(5,00) a 9,671	(6,00) a10,836	(8,00) a12,140
P	0,50 NS	0,061 NS	0,50 NS	0,061 NS

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para P<0,05 (Kruskal Wallis).

Leyenda: ( ) Rangos promedios

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de Veintimilla (2013) de la altura de la stevia propagada vegetativamente mediante ramillas con yemas foliares, esquejes y acodos presentó la mayor altura a los 30 días, después del prendimiento, en las obtenidas con acodo (19,5 cm), seguidas por esqueje (18,2 cm) y ramillas (12,5 cm), que son superiores a los encontrados en esta investigación. Esto se puede deber a la variedad de la stevia, que en este caso es la criolla con menor potencial de crecimiento.

Sin embargo, con la variedad Morita II en México, en una investigación sobre rizobacterias y fertilización química, otros autores (Palma-Ramos, et. al., 2022) encontraron alturas menores entre 26,66 y 39,20 cm a los 100 días, con una mejor contenido de nutrientes del suelo.

La importancia de la altura de la planta reside en que en el tallo surgen nuevas ramas, que son el sostén de la parte más importante de la stevia, donde se alojarán las hojas, con el contenido de los esteviósidos y reubiósidos que ofrecen su alto poder endulzante.

A los 75 días para las variables cuantitativas del sistema foliar no se presentaron diferencias entre los tratamientos. El área foliar y el peso de las hojas no presentaron diferencias entre los tratamientos con biopreparados, aunque el tratamiento con Radix fue mayor con relación al testigo.

**Tabla 7.** Comparación del número de raíces entre tratamientos.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(2,00)a 3,67	(3,00)a 7,33	(4,66)ab 11,67	(3,83)a 16,00
II	(6,83)a 6,33	(7,00)a 9,33	(7,67)b 14,33	(8,00)b 25,00
III	(6,17)a 6,00	(5,00)a 8,33	(2,67)a 10,67	(3,17)a 15,67
P	0,59 NS	0,65 NS	0,03*	0,04*

Valores en la columna con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Kruskal Wallis).

Leyenda: ( ) Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Para el día 75 el tratamiento con la aplicación de Radix-P mantuvo su ritmo en la aparición de nuevas raíces donde mantuvo su diferencia contra el testigo, también se presentó ya para este momento diferencias relevantes frente al PectiMorf. Este resultado según Ramos et al. (2013) es comprensible ya que al someter los esquejes de *Psidium guajaba* L. a dosis superiores a 20 mg L<sup>-1</sup> de Pectimorf, ocurrió la inhibición progresiva del número de raíces que formaron los esquejes, pues aquellos que recibieron las dosis de 30 y 40 mg L<sup>-1</sup>, formaron sólo 23,25 y 51,16 % de la cantidad de raíces que formaron los esquejes sometidos al mejor tratamiento (20,0 mg L<sup>-1</sup> y 23,9 mg L<sup>-1</sup>).

Estas respuestas divididas en dos tendencias una de ascenso y otra de descenso, se ha presentado en otras investigaciones donde se han estudiado dosis de PectiMorf, pero para cada especie vegetal esta respuesta cambia el punto máximo de expresión de los mejores resultados. Cid, et. al., (2006) encontraron que distintas combinaciones de ácido indolacético, giberelinas y PectiMorf

El número de raíces por tratamientos se comportó sin diferencias significativas a los 30 y 45 días para los tres tratamientos (Tabla 7), no siendo lo esperado por experimentos precedentes en Stevia con la aplicación de Pectimorf y otros biorreguladores, donde se encontró respuesta en un número significativo de raíces a los 20 días después de ser tratados con dichas sustancias según Alonso (2015).

A los 60 días el comportamiento de las raíces tuvo diferencias entre el tratamiento II y III donde el Radix expresó su potencial como enraizador. Para los tratamientos I y III no se encontraron diferencias significativas para esta fecha mostrando el testigo un poder intrínseco para esta actividad fisiológica, esto es posible debido a que en el esqueje también se encuentran órganos o centros productores de auxina, como son los ápices de las hojas, los tallos y las yemas axilares. La auxina sintetizada en estos centros puede transportarse como "auxina libre" la cual no tiene actividad fisiológica, sino que viaja por los tejidos conductores del esqueje y actúa en los lugares de mayor atención. En este momento se une a otros compuestos y se transforma en "auxina combinada", que es inmóvil y si tiene actividad fisiológica como la formación de callos, iniciación y elongación radical (Overvoorde, et. al., 2010).

generaron diferentes tendencias (aumento y disminución) en variables fisiológicas medidas en semillas artificiales de caña de azúcar. El punto máximo de inflexión ocurrió en la combinación de 2 mg L<sup>-1</sup> de AG3 y 10 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf, mientras que las demás combinaciones quedaron por debajo en dos sentidos.

Por otro lado, Benítez, et. al., (2008) demostraron que la aspersión foliar de soluciones con 2, 10 y 20 mg L<sup>-1</sup> de PectiMorf, a plantas de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendel) a los seis meses después de la emergencia, aquellas plantas a las que se aplicó la dosis de 10 mg L<sup>-1</sup> mostraron el mayor crecimiento en altura y área foliar.

Para la variable área radicular (Tabla 8) quedó demostrado que en el día 30 y 45 no hubo diferencias significativa entre tratamientos; en el muestreo hecho el día 60 si se observó diferencias significativas entre el tratamiento II con respecto al III, no se comportó de esta manera el PectiMorf y el testigo entre ellos ya que aun teniendo

diferencia visual, estadísticamente no se mostraron con diferencias; y por último en el día 75 solo el Radix-P se mantuvo con incremento significativo con respecto al

Pectimorf y al Testigo que se mostraron sin diferencias entre ellos coincidiendo esta medición con el número de raíces entre tratamientos (Tabla 10).

**Tabla 8.** Comparación el área radicular entre tratamientos, cm<sup>2</sup>.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(3,00) a 0,282	(4,67) a 0,375	(5,33) ab 0,553	(4,00) a 0,707
II	(6,00) a 0,352	(8,00) a 0,544	(7,67) b 0,600	(7,33) b 0,844
III	(6,00) a 0,332	(2,33) a 0,331	(2,00) a 0,435	(3,00) a 0,610
P	0,68 NS	0,58 NS	0,03*	0,04*

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Kruskal Wallis).

Leyenda: ( ) Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias entre el peso radicular fresco (Tabla 9) mostraron las mismas diferencias que para el área radicular (Tabla 8). Al final del experimento las raíces de las

plántulas de Stevia tratadas con Radix presentaron un peso de 38,867 mg superior al testigo en 20,933 mg.

**Tabla 9.** Comparación del peso radicular entre tratamientos, mg.

Tratamientos	Frecuencia, días			
	30	45	60	75
I	(4,17) a 14,000	(7,00) a 26,533	(5,00) ab 26,600	(5,00) ab 29,267
II	(8,00) a 20,267	(6,00) a 25,300	(8,00) b 34,667	(8,00) b 38,867
III	(2,83) a 12,667	(2,00) a 14,033	(2,00) a 17,133	(2,00) a 20,933
P	0,50 NS	0,061 NS	0,027 *	0,027 *

Valores en la misma columna con superíndices diferentes difieren para  $P < 0,05$  (Kruskal Wallis).

Leyenda: ( ) Rangos promedios

Fuente: Elaboración propia.

Veintimilla (2013) enuncia en su estudio sobre Stevia, que a los 30 días la biomasa radicular varió entre 16,35 a 19,65 gramos por planta, correspondiendo los valores extremos a las plantas propagadas mediante ramilla y esqueje; la diferencia entre tratamientos no superó estadísticamente de 5,50 a 5,57 gramos, por lo tanto, los tres tratamientos fueron similares.

Además, este autor encontró a los 45 días, que las plantas propagadas mediante acodo presentaron un peso medio de 39,5 gramos por planta, superando significativamente a los promedios de los tratamientos ramilla y esqueje, los cuales alcanzaron 24 y 27 gramos respectivamente. Finalmente, las diferencias se ampliaron a los 60 días, alcanzando el máximo peso en las plantas propagadas mediante acodo con 52,5 gramos, luego siguen los tratamientos ramilla con 29,5 y esqueje con 27,4.

De las variables del sistema radical existieron diferencias a favor del tratamiento con Radix en el número de raicillas y el área de las raíces con respecto a los otros dos tratamientos. El peso de las raicillas presentó el menor valor en el tratamiento testigo, que no difirió del tratamiento con Pectimorf, pero si fue menor que el tratamiento con Radix.

Estos resultados demuestran la importancia del PectiMorf como producto eficiente en el sistema de producción de posturas, porque la supervivencia tiene una alta relación con la formación oportuna de raíces y evitar la abscisión de las hojas de los esquejes, y un retraso en este proceso aumentan la posibilidad de la muerte del esqueje.

Para pequeños productores los usos de estos enraizadores son factibles, por mejor desempeño vegetativo de las plántulas de Stevia con respecto a las no inoculadas, no obstante, a que el Pectimorf por ser en forma acuosa puede ser más viable, la forma sólida del Radix ofrece ligeras ventajas.

## Conclusiones

Los esquejes alcanzaron un 88,3% de supervivencia a nivel de experimento. La propagación asexual de la Stevia hasta los 75 días con la inclusión del Radix y el Pectimorf no influyen en el número de ramas, número de hojas y la altura, pero si son mayores los valores del área foliar y peso de las hojas con respecto al testigo. Los mayores valores del número y el área de las raicillas se encontraron con la inclusión del Radix, que para el peso de las

raicillas fue superior contra el testigo; pero sin diferencias entre los dos tratamientos restantes.

## Referencias bibliográficas

- Aguirre-Medina, J.; Mina-Briones, F.; Cadena-Iñiguez, J. Soto-Hernández, R. (2018). Efectividad de biofertilizantes y brasinoesteroide en *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Agrociencia*, 52(4) 609-621. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000400609&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000400609&lng=es&tlng=es).
- Alonso, E. (2015). Respuesta de *Stevia rebaudiana* bertoni a la aplicación del producto bioactivo PECTIMORF®, [Tesis de grado, Universidad Agraria San José de las Lajas, Facultad de Agronomía].
- Ayaviri, J. (2010). Efecto de la aplicación de diferentes enraizadores en el desarrollo de esquejes subterminales, intermedios y basales de *Estevia* (E.R.B) en Taipiplaya, Coranavi. La Paz. Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5156>
- Bao, L. (2013). Embriogénesis somática de citrus *Macrophylla wester* con el empleo de Pectimorf y análogos de brasinoesteroides. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 189-194. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752013000100021&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752013000100021&lng=en&tlng=es).
- Benítez, B; Núñez, M; Yong, A. (2008). Crecimiento de plantas de palma areca (*Dyopsis lutescens* H. Wendl) con aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturónidos. *Cultivos Tropicales*. 29(3),81-85 [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362008000300014&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000300014&lng=es&tlng=es)
- Cabrera, J.; Iglesias, R. y Hormaza, J. (2003). Procedimiento de obtención de una mezcla de oligosacáridos pécticos estimuladora del enraizamiento vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba, No. 155
- Casanovas, E., Linares, F., González, E., Muñoz, A. (2015). Efecto del marco de plantación en el crecimiento y desarrollo de la *Stevia rebaudiana* Bertoni. Taller Internacional de Ecosistemas Frágiles. Cienfuegos.
- Cid, M; González, L; Lezcano, Y; Nieves, N. (2006). Influencia del PECTIMORF® sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). *Cultivos Tropicales*, 27(1),31-34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215885005>
- Espitia, M.; Montoya, R.; Robles, J. Barbosa, C.; Vergara, A. (2006). Modelo estadístico para estimación del área foliar en *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Temas agrarios*, 11(2), 45-51. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5002447.pdf>
- García-Hernández, S.; Pino, J.; & Riera-González, G. (2022). Producción científica acerca de *Stevia rebaudiana* Bertoni: Una revisión bibliométrica. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3(1),82-91. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/363>
- Hernández, A., Pérez, J., Infante, D., & Castro, N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1). a15-e15. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000100015&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000100015&lng=es&tlng=es)
- Jarma, A., Rengifo, T., Araméndiz, H. (2005). Aspectos fisiológicos de *estevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe Colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. *Agro-nomía Colombiana*, 2(23),207-216. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652005000200003&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000200003&lng=en&tlng=es)
- Kumar, A., Singh, D., Dhyani, D. & Ahuja P. (2011). A review on the improvement of *stevia* [*Stevia rebaudiana* (Bertoni)] *Can. J. Plant Sci.* 91: 1-27, <https://doi.org/10.4141/CJPS10086>
- Norma Cubana. (1999). Calidad del Suelo. Determinación de los componentes orgánicos. NC. 1043. 2014.52.
- Norma Cubana. (1999). Calidad del Suelo. Determinación de las formas móviles del fósforo y el potasio. NC. 52.
- Norma Cubana. (2009). Calidad del suelo. Determinación del pH y la conductividad eléctrica en el extracto de saturación. NC. 32.
- Overvoorde, P., Fukaki, H., & Beekman, T. (2010). Auxin control of root development. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 2(6), a001537. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a001537>
- Palma-Ramos, J.; Gayosso-Rodríguez, S., Estrada-Bo-tello. (2022). Rizobacterias y fertilización química en crecimiento y producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae) en Tabasco, México. *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0071004. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081004>
- Quesada, F. (2011). Propagación por esquejes de *stevia* (S.R.B) entre tres sustratos y dos dosis de hormonas de enraizamiento bajo invernadero en el cantón de Santa Isabel. Universidad de Cuenca. Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3032>
- Ramos, L.; Arozarena, N.; Lescaille, J.; Cisneros, F.; Tamayo, Y.; Castañeda, E.; Lozano, S.; Rodríguez, G (2013). Dosis de Pectimorf® para enraizamiento de esquejes de guayaba var. Enana Roja Cubana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 1093-1105. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342013001000002&lng=pt&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013001000002&lng=pt&tlng=es).

- Rincón, Natalia; Quintero, M.A.; Pérez, J.C. (2011) Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional. *Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín*, 65(1), 6399-6405. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340010.pdf>
- NHI- National Institute of Health. (2007) ImageJ.v1.45. USA. Maryland, USA.
- Veintimilla R. (2013) Comparación de tres métodos de propagación asexual para la obtención de plántulas de Stevia. [Tesis de pregrado: UTMACH, Unidad académica de Ciencias Agropecuarias]. 26-33
- Shock, C.C. (2015). Propagation of Stevia rebaudiana by rooted cuttings. Oregon State University. Sustainable Agriculture Techniques Ext/CrS 154. 3 p <https://agsci.oregonstate.edu/mes/article/propagation-stevia-rebaudiana-rooted-cuttings>
- Siegel, S., Castellan, N. (1995). Análisis de varianza unifactorial por rangos de Kruskal-Wallis. En: S. Siegel, N. Castellan, Estadística no paramétrica. Pp.234-240.
- Suarez, C. (2008). Efecto de una mezcla de oligagalacturonidos en la propagación in vitro de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), var CMC-40. *Cultivos tropicales*. 13 (1), 40-48. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0258-593662008000300007&lng=es&tln-g=es>
- Suarez, I. E. (2014). Micropropagación de Stevia rebaudiana Bertoni, un endulzante natural a través de explantes con meristemos pre existentes. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 29-33 <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.29420>.
- Tamura, Y., Nakamura, S., Fukui, H., Tabata, M. (1984). Comparison of Stevia plants grown from seeds, cuttings and stem-tip cultures for growth and sweet diterpene glucosides. *Plant Cell Rep.* (3)5,180-182. <https://doi.org/10.1007/BF00270194>



## Viabilidad de la harina de fruta de pan como alternativa ecológica en la industria alimentaria

Viability of breadfruit flour as an ecological alternative in the food industry

Tannia Cristina Poveda Morales<sup>1\*</sup>

E-mail: [ua.tanniapoveda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.tanniapoveda@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6497-9957>

Manuel Fernando Jaramillo Burgos<sup>2</sup>

E-mail: [ur.manueljaramillo@uniandes.edu.ec](mailto:ur.manueljaramillo@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4955-1842>

Keila Mishell Cárdenas Quimbiamba<sup>1</sup>

E-mail: [ga.keilamcq44@uniandes.edu.ec](mailto:ga.keilamcq44@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7403-5694>

<sup>1</sup>Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Riobamba. Ecuador.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Poveda Morales, T. C., Jaramillo Burgos, M. F. y Cárdenas Quimbiamba, K.. M. (2024). Viabilidad de la harina de fruta de pan como alternativa ecológica en la industria alimentaria *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 97-104. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

### Resumen

La búsqueda de alternativas sostenibles en la industria alimentaria se ha enfocado en mitigar el impacto ambiental global. En este contexto, la harina de fruta de pan ha emergido como una posible solución, al ofrecer beneficios nutricionales y ambientales significativos. Por tanto, la investigación se ha enfocado en evaluar la viabilidad y aceptación de la harina de fruta de pan como alternativa sostenible en la industria de panadería y pastelería, al analizar la percepción de consumidores y productores. Para ello, se ha empleado un enfoque metodológico que combinó técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa, al incluir encuestas y entrevistas estructuradas. Entre los resultados, se ha revelado una percepción limitada entre los consumidores locales acerca de la harina de fruta de pan, con preocupaciones sobre su disponibilidad y coste. No obstante, se observó un interés creciente por adoptar productos alimenticios más saludables y sostenibles, lo cual refleja un cambio gradual hacia prácticas alimentarias más conscientes en la región. Sin embargo, los productores manifestaron una disposición variable hacia la integración de esta harina en sus procesos. Incluso han señalado desafíos técnicos y comerciales que deben abordarse para su adopción generalizada. Finalmente, se ha concluido que se deben explorar e implementar alternativas alimentarias que no solo cumplan con estándares nutricionales, sino que también contribuyan positivamente al entorno ambiental y económico local.

### Palabras clave:

*Artocarpus atilis*, Panadería sostenible, Impacto ambiental, Beneficios nutricionales.

### Abstract

The search for sustainable alternatives in the food industry has focused on mitigating the global environmental impact. In this context, breadfruit flour has emerged as a possible solution, offering significant nutritional and environmental benefits. Therefore, the research has focused on evaluating the viability and acceptance of breadfruit flour as a sustainable alternative in the bakery and pastry industry, by analyzing the perception of consumers and producers. To achieve this, a methodological approach has been used that combines qualitative and quantitative research techniques, including surveys and structured interviews. Among the results, limited perception among local consumers about breadfruit flour has been revealed, with concerns about its availability and cost. However, there will be a growing interest in adopting healthier and more sustainable food products, reflecting a gradual shift towards more conscious food practices in the region. However, producers express a variable disposition towards the integration of this flour in their processes. They have even pointed out technical and commercial challenges that need to be addressed for widespread adoption. Finally, it has been concluded that food alternatives should be explored and implemented that not only meet nutritional standards, but also contribute positively to the local environmental and economic environment.

### Keywords:

*Artocarpus atilis*, Sustainable bakery, Environmental impact, Nutritional benefits.

## Introducción

La panadería y sus productos son fundamentales en la alimentación de la población a nivel global. Desde sus inicios en la prehistoria, hace aproximadamente 10,000 años, con el desarrollo de la agricultura, el pan ha sido un elemento básico en la dieta humana. La evolución de la panificación ha permitido la diversificación de ingredientes y técnicas (Sánchez Trávez et al., 2024). De modo que ha llevado a la búsqueda constante de alternativas más saludables y sostenibles (Assunção et al., 2024).

En este contexto, la fruta de pan, también conocida como mazapán, yaca o panapén, emerge como una opción interesante. Originaria del sudeste asiático, esta fruta es rica en carbohidratos, proteínas, fibra y libre de gluten, de modo que puede mejorar la calidad de la masa de pan (Li et al., 2021). Este árbol, que alcanza entre 9 y 18 metros de altura, produce frutos que maduran a partir de los 6 años y tienen un ciclo de vida de 50 años (Gardner, 2023). Los frutos, que cambian de verde a marrón al madurar, son de gran tamaño y su pulpa blanca o ligeramente amarilla se presta a diversas aplicaciones culinarias, incluida la producción de harina (Ortega González et al., 2022). A pesar de sus beneficios nutricionales, existe un desconocimiento significativo sobre sus ventajas en la industria panificadora en Ambato y a nivel nacional (Jurado Moreira, 2023).

Respecto al consumo de pan en Ecuador, la alimentación se basa principalmente en harina de trigo, reconocida mundialmente por sus propiedades nutricionales. Sin embargo, la producción local incluye diversas fuentes como quinua, habas, maíz y soya. De modo que se alinea con el Plan Nacional de Creación de Oportunidades 2021-2025, que busca fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícolas e industriales bajo una economía circular (Guerrero Paramo et al., 2024).

Adheridos a la normativa INEN 3084, que impone controles de calidad y comercialización, se fundamentan los análisis físico-químicos y microbiológicos (Panda et al., 2024). Estos análisis permiten evaluar parámetros como humedad, ceniza, proteína, fibra, grasa, perfil lipídico, actividad de agua, conservantes, carbohidratos, colesterol y azúcares totales. Además de realizar estudios de estabilidad y análisis para información nutricional (Sayago Ayerdi et al., 2021). En el control de calidad también se consideran indicadores microbiológicos como mohos y levaduras, *S. aureus*, *E. coli* y *Clostridium*, cruciales para determinar la seguridad del consumo. Un análisis comparativo de la harina de fruta de pan y la harina de trigo permite conocer las características de estos productos para su uso en la industria panificadora de la provincia de Tungurahua. Por consiguiente, el presente estudio busca evaluar la viabilidad y aceptación de la harina de fruta de pan como alternativa sostenible en la industria de panadería y pastelería, al analizar la percepción de consumidores y productores. De modo que promueva prácticas alimentarias más respetuosas con el medio ambiente en

la provincia de Tungurahua, Ecuador. Entre los objetivos específicos a desarrollar, se encuentran:

Investigar el impacto ambiental del cultivo y procesamiento de la harina de fruta de pan en comparación con la de trigo, y analizar la contribución a la reducción de residuos alimentarios y mejora de la eficiencia de recursos en la cadena de producción alimentaria.

Identificar los desafíos y oportunidades asociados con la implementación de prácticas de producción sostenible en la integración de la harina de fruta de pan en productos de panadería y pastelería.

Proponer estrategias y políticas para fomentar la producción sostenible de alimentos mediante el uso de harina de fruta de pan, al promover la sensibilización y educación sobre sus beneficios ambientales entre productores y consumidores locales.

## Materiales y métodos

La investigación adopta un enfoque cuali-cuantitativo, al combinar la revisión bibliográfica y evaluación cuantitativa mediante entrevistas y encuestas en la provincia de Tungurahua (Tramullas, 2020). Se sigue un enfoque cuasi-experimental conforme a la normativa técnica ecuatoriana, al aplicar condiciones específicas para observar efectos o respuestas. En el ámbito cualitativo, se emplean la teoría fundamentada y la investigación acción para abordar el bajo uso de la harina de fruta de pan en la industria panificadora, al generar conocimiento práctico. La investigación es descriptiva, enfocándose en describir las harinas de trigo y fruta de pan, sus valores nutricionales y su uso en la panificación.

Se utilizan métodos analítico-sintéticos para evaluar los valores nutricionales y la calidad de las harinas, junto con métodos inductivo-deductivos para el análisis estadístico de los componentes de calidad y eficiencia en la panificación. Se aplican diversas técnicas de recolección de datos, desde experimentos de laboratorio hasta entrevistas con expertos panaderos y especialistas en nutrición.

La población estudiada es la población económicamente activa (PEA) de Tungurahua, estimada en 313,018 personas según el INEC 2010, considerada infinita. La muestra se determinó en 388 con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, al utilizar muestreo probabilístico aleatorio estratificado.

## Resultados-discusión

### *Resultados de la entrevista a panaderos y nutricionistas*

La entrevista con panaderos y expertos en panadería reveló lo siguiente:

- Tipos de harina utilizados: Los panaderos han utilizado principalmente harina de trigo fortificada, rica en proteínas, por su buen costo y rendimiento. También

emplean harina integral, sin gluten para celíacos, y harinas de marcas como Franz, Paniplus y Catedral.

- Consistencia en el uso de harinas: Generalmente, se usa la misma harina para panadería, pero se selecciona otra para pastelería.
- Interés en harina de fruta de pan: La disposición para utilizar harina de fruta de pan depende de su viabilidad como alternativa, al considerar la calidad, rendimiento, economía, sabor, textura y valor agregado.
- Preferencia por costo: Si el costo de la harina de fruta de pan es menor que el de trigo y cumple con las expectativas de calidad y rendimiento, los panaderos estarían dispuestos a adquirirla. Esto reduciría costos y mejoraría el margen de ganancia, además de diversificar las opciones para los clientes.
- Conocimiento y calidad de harina de fruta de pan: La mayoría está interesada en conocer la calidad y eficiencia de la harina de fruta de pan, aunque un entrevistado mencionó que ya la conoce y no la considera de buena calidad.

Las entrevistas con nutricionistas proporcionaron las siguientes perspectivas:

- Conocimiento sobre harina de fruta de pan: Los nutricionistas conocen los beneficios de la harina de fruta de pan, al destacar el menor valor calórico comparado con la harina de trigo, además de su aporte de fibra, proteína, vitaminas y minerales.
- Recomendación de sustitución: Conociendo los valores nutricionales, recomiendan sustituir la harina de

trigo por la de fruta de pan debido a que esta última no es inflamante y es adecuada para pacientes con enfermedad celíaca. También contiene potasio, zinc y proteínas.

- Frecuencia de consumo: Recomiendan consumir productos elaborados con harina de fruta de pan de 2 a 3 veces por semana.
- Incorporación en la dieta: Aconsejan incorporar productos de panificación como tortillas o pancakes en desayunos y meriendas, acompañados de otros macronutrientes para equilibrar la dieta.
- Beneficios para la salud: Los beneficios incluyen su uso en pacientes celíacos, prevención de anemia y desnutrición en niños gracias a su contenido de hierro, recomendación para hipertensos por su contenido de potasio, y mejora de la digestión debido a su fibra.

### *Comparación de la harina de fruta de pan vs. harina de trigo*

Los resultados del análisis comparativo entre la harina de fruto de pan y la harina de trigo, consideran cinco parámetros significativos a tener en cuenta (ver tabla 1). Entre los que se observa que la harina de fruto de pan presenta una mayor humedad (9.16%) en comparación con la harina de trigo (6.18%). Esta característica, junto con la ausencia de gluten, la convierte en una opción adecuada para personas con intolerancia a esta proteína. Aunque la harina de fruto de pan tiene un contenido proteico (9.18%) y de cenizas (5.31%) ligeramente más bajos que la harina de trigo (13.72% y 12.36%, respectivamente), donde su perfil nutricional continúa relevante.

**Tabla 1:** Parámetros de comparación entre la harina de fruta de pan vs. harina de trigo.

Ítem	Parámetros	UND	Método de análisis	Harina de fruto de pan	Harina de trigo
1	Humedad	%	INEN 1235	9.16	6.18
2	Ceniza	%	INEN 401	5.31	12.36
3	Proteína	%	INEN 1670	9.18	13.72
4	Acidez total (exp. como ácido sulfúrico)	%	INEN – ISO 750	0.19	0.26
5	Gluten húmedo	%	INEN 529	Ausencia	<0.1
6	Mohos levaduras	UFC/g	INEN 1529 – 10	<10	32.70
7	Escherichia coli	UFC/g	INEN 1529 – 8	<10	30
8	Coliformes totales	UFC/g	INEN 1529 – 6	<10	Ausencia
9	Salmonella	UFC/25g	INEN 1529 – 15	Ausencia	Ausencia

**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, la harina de fruto de pan muestra niveles favorables, con menos de 10 unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) para mohos, levaduras, escherichia coli y coliformes totales. Estos resultados indican una mejor calidad microbiológica en comparación con la harina de trigo, que presenta valores de 32.70 UFC/g para mohos y levaduras, y 30 UFC/g para escherichia coli. Mientras que, en términos de acidez, la harina de fruto de pan tiene un nivel de 0.19%, frente a 0.26% en la harina de trigo. Además, la ausencia de gluten en la harina de fruto de pan, en contraste con el <0.1% en la harina de trigo, es un beneficio adicional para aquellos que necesitan evitar esta proteína.

### *Resultados de las entrevistas a clientes y profesionales*

Las entrevistas se aplicaron a una muestra de 388 personas, de las cuales el 20% eran hombres y el 80% mujeres. La muestra estuvo compuesta por comerciantes (25%), estudiantes (27%), mecánicos (1%), enfermeras (8%), gastrónomos (14%), laboratoristas (13%), docentes (9%) y profesionales en ingeniería de alimentos (3%). Los resultados detallados por cada pregunta se encuentran en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Resultado general de la entrevista.

Pregunta	Categoría					
P1. ¿Conoce usted el alimento llamado "fruta de pan" (artocarpus altilis)?	Mucho	Poco	Quizás	Casi Nada	Nada	
Frecuencia	33	234	18	15	25	
Porcentaje	10%	72%	6%	5%	8%	
P2. ¿Qué tipos de harina usted consume habitualmente?	Harina de trigo	Harina de maíz	Harina de fruta de pan	Harina de soja	Otras	
Frecuencia	269	47	3	5	4	
Porcentaje	82%	14%	1%	2%	1%	
P3. ¿Conoce usted la harina de fruta de pan?	Mucho	Poco	Quizás	Casi Nada	Nada	
Frecuencia	18	211	25	21	40	
Porcentaje	6%	67%	8%	7%	13%	
P4. ¿Usted ha consumido harina de fruta de pan?	Mucho	Poco	Quizás	Casi Nada	Nada	
Frecuencia	13	195	35	20	52	
Porcentaje	4%	62%	11%	6%	17%	
P5. ¿Utilizaría usted la harina fruta de pan para el consumo diario?	Mucho	Poco	Quizás	Casi Nada	Nada	
Frecuencia	23	195	54	18	25	
Porcentaje	7%	62%	17%	6%	8%	
P6. ¿Qué tipo de productos de panificación le gustaría que fueran elaborados con harina de fruta de pan?	Pan	Torta	Bocaditos	Galletas	Todos	Ninguno
Frecuencia	21	189	155	8	6	5
Porcentaje	6%	49%	40%	2%	2%	1%
P7. ¿Qué tipos de productos elaborados con harina de trigo le gusta consumir a usted?	Proteínas	Grasas	Carbohidratos	Vitaminas	Desconozco	Otros
Frecuencia	189	4	43	36	25	3
Porcentaje	49%	1%	21%	16%	12%	1%
P9. ¿Cuáles son las características que usted considera que tiene la harina de trigo?	Proteínas	Grasas	Carbohidratos	Vitaminas	Desconozco	Otros
Frecuencia	47	113	94	17	25	2
Porcentaje	13%	49%	25%	5%	7%	1%
P10. ¿Estaría de acuerdo con que las empresas panificadoras utilicen harina de fruta de pan?	Muy de acuerdo		Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo		De acuerdo
Frecuencia	52		76	65		116
Porcentaje	17%		25%	21%		38%
P11. ¿Qué tan interesado estaría usted en comprar productos elaborados con harina fruta de pan?	Mucho	Poco	Quizás	Casi Nada	Nada	
Frecuencia	42	182	54	14	13	
Porcentaje	14%	60%	18%	5%	4%	
P12. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por productos de panificación elaborados con harina fruta de pan?	0,15 – 0,20	0,20 – 0,30	0,30 – 0,50		Más de 0,50	
Frecuencia	288	39	45		14	
Porcentaje	75%	10%	12%		4%	

**Fuente:** Elaboración propia.

El análisis de la entrevista reveló varios aspectos clave sobre el conocimiento y la aceptación de la fruta de pan y su harina entre los encuestados. En primer lugar, el 72% de los participantes conocen poco sobre la fruta de pan (*Artocarpus altilis*), mientras que solo el 10% la conocen bien. En cuanto a los tipos de harina consumida habitualmente, el 82% de los encuestados consumen principalmente harina de trigo, seguida por harina de maíz con un 14%. Sobre el conocimiento específico de la harina de fruta de pan, el 67% tiene poco conocimiento y solo el 6% la conoce mucho. Respecto al consumo, el 62% ha consumido poca harina de fruta de pan y el 17% no la ha consumido en absoluto.

En términos de disposición a utilizar esta harina en su consumo diario, el 62% la utilizaría poco y solo el 7% la utilizaría mucho. En cuanto a las preferencias de productos de panificación, el 49% prefiere tortas elaboradas con harina de fruta de pan y el 40% prefiere bocaditos. Sin embargo, cuando se trata de productos elaborados con harina de trigo, el 49% prefiere aquellos ricos en proteínas. Además, el 49% de los encuestados considera que la harina de trigo es rica en grasas.

Sobre la utilización de harina de fruta de pan por empresas panificadoras, el 38% está de acuerdo con su uso, mientras que el 25% está en desacuerdo. El interés en comprar productos elaborados con harina de fruta de pan es significativo, con un 60% de los encuestados mostrando interés. Finalmente, el 75% estaría dispuesto a pagar entre 0,15 y 0,20 unidades monetarias adicionales por productos de panificación elaborados con harina de fruta de pan.

En general, los consumidores prefieren productos de harina de trigo. Sin embargo, los alfajores de fruta de pan son bien valorados en color y dulzor, al superar a los de trigo, aunque estos últimos son mejor evaluados en acidez. Ambos tipos de alfajores son aceptables en salado, amargor y umami. Las delicias de trigo destacan en consistencia, aroma, dulzor y textura agradable, pero en salado, amargor, acidez y umami, ambos productos son considerados excelentes.

En la comparación de pasteles, tanto el de fruta de pan como el de naranja de trigo reciben calificaciones positivas en color, tamaño, presentación, consistencia, aroma y textura. Sin embargo, el pastel de fruta de pan destaca en intensidad del olor, aunque su dulzor es percibido como demasiado intenso por algunos.

### *Impacto ambiental entre el cultivo y procesamiento de la harina*

La comparación del impacto ambiental entre el cultivo y procesamiento de la harina de fruta de pan (*artocarpus altilis*) y la harina de trigo estándar implica evaluar varios aspectos clave. Entre los que se destacan el uso de recursos hídricos, la huella de carbono y la biodiversidad local (ver tabla 3).

**Tabla 3:** Impacto ambiental en el cultivo de la harina de fruta de pan y harina de trigo.

Aspecto	Harina de trigo	Harina de fruta de pan
Uso de recursos hídricos.	Requiere cantidades significativas de agua, especialmente en regiones áridas.	Menos exigente en agua, puede crecer en diversos climas y requiere menos intervención hídrica.
Huella de carbono.	Alta, debido al uso de fertilizantes sintéticos y a la liberación de gases de efecto invernadero en el cultivo intensivo.	Potencialmente menor, gracias a la capacidad de los árboles para capturar carbono y a menores insumos externos.
Biodiversidad local.	Puede impactar negativamente, al reducir la diversidad de especies debido a la conversión de hábitats naturales.	Puede promover la biodiversidad al proporcionar hábitats para diversas especies y requerir menos agroquímicos.

**Fuente:** Elaboración propia.

La adopción de la harina de fruta de pan podría contribuir significativamente a la reducción de residuos alimentarios y mejorar la eficiencia de recursos en la cadena de producción alimentaria de varias maneras:

- **Aprovechamiento de recursos infrautilizados:** La fruta de pan es una fruta que frecuentemente se desperdicia debido a su rápida maduración y perecibilidad. Utilizarla para la producción de harina permite aprovechar un recurso que de otro modo se perdería, al convertirlo en un producto de valor añadido en la cadena alimentaria.
- **Reducción de residuos agrícolas:** Al procesar la fruta de pan en harina, se reduce la cantidad de desechos agrícolas generados en las plantaciones. Esto incluye no solo la fruta misma, sino también partes de la planta que no se utilizan directamente para el consumo humano.
- **Mejora de la eficiencia energética:** Comparado con otros cultivos intensivos, el cultivo de árboles de fruta de pan puede requerir menos recursos energéticos y menos aplicaciones de agroquímicos, lo cual reduce el impacto ambiental asociado con la producción agrícola.
- **Optimización de recursos hídricos:** La fruta de pan puede crecer en una variedad de climas sin necesidad de riego intensivo una vez establecidos los árboles. Esto contrasta con cultivos como el trigo, que a menudo requiere cantidades significativas de agua, al ayudar a conservar recursos hídricos.
- **Diversificación de la oferta alimentaria:** Introducir harina de fruta de pan en la cadena alimentaria diversifica las opciones de productos alimenticios disponibles para consumidores y fabricantes. De modo que

reduce la dependencia de un número limitado de cultivos principales como el trigo.

*Integración de harina de fruta de pan en la industria alimentaria: Desafíos y oportunidades*

La implementación de prácticas de producción sostenible al integrar la harina de fruta de pan en productos

de panadería y pastelería presenta tanto desafíos como oportunidades significativas (ver tabla 4). Por tanto, se debe analizar de manera clara cómo cada aspecto puede representar barreras como áreas potenciales de crecimiento y desarrollo en el mercado actual.

**Tabla 4:** Desafíos y oportunidades de la integración de harina de fruta de pan en la industria alimentaria.

Aspecto	Desafíos	Oportunidades
Disponibilidad y acceso.	Limitada disponibilidad en mercados locales. Requiere una cadena de suministro estable y confiable. Logística compleja para distribución.	Potencial para expandir la producción local. Nuevas oportunidades de mercado. Diversificación de productos alimentarios.
Costo y rentabilidad.	Inicialmente más costosa que la harina de trigo estándar. Necesidad de tecnología de procesamiento específica. Presión sobre márgenes de ganancia.	Valorización como producto premium. Atracción de consumidores dispuestos a pagar por productos saludables y sostenibles. Innovación en recetas y productos.
Aceptación del consumidor.	Reticencia debido a cambios en sabor y textura. Falta de familiaridad con los beneficios nutricionales. Educación y concienciación necesarias.	Ventaja competitiva en el mercado saludable. Atracción de consumidores conscientes de la salud y sostenibilidad. Educación sobre beneficios nutricionales.
Compatibilidad técnica.	Comportamiento diferente en procesamiento y cocción. Necesidad de ajustes en recetas y equipos. Adaptación de procesos industriales.	Innovación en técnicas de producción. Nuevas oportunidades de desarrollo de productos. Mejora en la eficiencia operativa y tecnológica.
Regulaciones y normativas.	Cumplimiento con normativas de seguridad alimentaria y etiquetado. Claridad y adecuación de normativas existentes.	Apoyo gubernamental y políticas de incentivos. Mejora en estándares de calidad y transparencia. Alineación con prácticas comerciales sostenibles.

Fuente: Elaboración propia.

*Estrategias y políticas para fomentar la producción de alimentos más sostenible*

Las siguientes estrategias y políticas se encuentran diseñadas para impulsar la adopción de prácticas sostenibles

en la producción de alimentos, específicamente al utilizar la harina de fruta de pan (ver tabla 5). Cada una de ellas contribuye a fortalecer el conocimiento, mejorar las prácticas productivas y aumentar la aceptación de esta alternativa alimentaria en el mercado.

**Tabla 5:** Acciones para promover el uso de harina de fruta de pan en la producción de alimentos sostenibles.

Estrategia o política	Alcance	Beneficios	Recursos	Impacto	Financiamiento	Tiempo
Educación y capacitación	Productores y panaderos	Conciencia sobre beneficios ambientales y nutricionales	Instituciones educativas, centros de investigación	Mejora en prácticas agrícolas y de procesamiento	Fondos públicos, colaboraciones educativas	Medio plazo
Incentivos financieros	Productores agrícolas y empresas panificadoras	Estímulo para la adopción de prácticas sostenibles	Fondos de subsidios, préstamos con tasas preferenciales	Aumento de la inversión en tecnología sostenible	Gobiernos locales, bancos de desarrollo	Corto y medio plazo
Certificación y etiquetado sostenible	Productores y consumidores	Reconocimiento de prácticas sostenibles, diferenciación en el mercado	Estándares de certificación, etiquetas sostenibles	Aumento de la demanda de productos sostenibles	Organismos certificadores, industria alimentaria	Corto plazo

Promoción y marketing	Consumidores y empresas gastronómicas	Aumento de la demanda, creación de mercado para productos con harina de fruta de pan	Campañas de marketing, colaboraciones gastronómicas	Mejora en la percepción y aceptación del producto	Empresas alimentarias, chefs, medios de comunicación	Corto y medio plazo
Desarrollo de infraestructura	Productores locales y cooperativas	Mejora en la eficiencia de producción y distribución	Infraestructura agrícola y de procesamiento	Aumento de la capacidad de producción y comercialización	Fondos públicos, cooperativas agrícolas	Medio plazo
Investigación y desarrollo	Investigadores y desarrolladores tecnológicos	Innovación en variedades de fruta de pan y tecnología de procesamiento	Fondos para investigación, colaboraciones científicas	Avances en calidad y eficiencia del producto	Instituciones académicas, centros de investigación	Medio y largo plazo
Políticas públicas integradoras	Gobierno y organismos reguladores	Integración de la harina de fruta de pan en políticas alimentarias sostenibles	Políticas alimentarias, regulaciones ambientales	Impulso a la sostenibilidad alimentaria	Gobiernos locales y nacionales	Medio y largo plazo

**Fuente:** Elaboración propia.

Estos resultados coinciden con estudios previos que subrayan la falta de conocimiento sobre la harina de fruta de pan. Se destaca la necesidad de estrategias educativas y campañas de sensibilización para aumentar su adopción en la industria alimentaria. La transición hacia prácticas más sostenibles con esta harina presenta oportunidades y desafíos significativos. Las políticas públicas y los incentivos financieros son cruciales para facilitar la inversión en tecnologías que mejoren la eficiencia y reduzcan el impacto ambiental. Futuras investigaciones deberían evaluar el impacto a largo plazo en la salud pública, el medio ambiente y la viabilidad económica de la producción sostenible a escala comercial.

## Conclusiones

La baja familiaridad y aceptación de la harina de fruta de pan entre consumidores y productores ha marcado la necesidad de programas educativos continuos. Estos deben enfocarse en destacar los beneficios nutricionales y ambientales de esta alternativa alimentaria. Por ello, la implementación efectiva de estrategias educativas desempeña un papel crucial en la transformación hacia prácticas de producción más sostenibles.

La integración exitosa de la harina de fruta de pan en la cadena de suministro alimentario requiere colaboración entre diversos actores, al incluir productores, distribuidores, reguladores y consumidores. Así mismo, la cooperación multisectorial facilita la creación de políticas y prácticas que promuevan la sostenibilidad y mejoren la aceptación del mercado. De modo que asegure los beneficios ambientales a largo plazo.

Las investigaciones futuras deben explorar más a fondo los aspectos técnicos y económicos de la producción y comercialización de harina de fruta de pan. Esto incluye estudios sobre la optimización de procesos, la evaluación

de su impacto ambiental comparado con harinas convencionales, y el desarrollo de modelos de negocio sostenibles. Además, se debe evaluar cómo estas innovaciones pueden adaptarse y replicarse en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos.

## Referencias bibliográficas

- Assunção, L. S., Duarte, C., Oliveira, C., Danielski, R., Kumari, S., Larroza Nunes, I., & Shahidi, F. (2024). Nanoencapsulation of hybrid crude palm oil Unaué HIE OxG with jackfruit by-products as encapsulants: A study of cellular antioxidant activity and cytotoxicity in Caco-2 cells. *Food chemistry*, 448(August), 1-5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814624006587>
- Gardner, E. M. (2023). Phylogenomic analyses of the Neotropical Artocarpeae (Moraceae) reveal a history of introgression and support the reinstatement of *Acanthinophyllum*. *Molecular phylogenetics and evolution*, 186(September), 1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1055790323001379>
- Guerrero Paramo, J. V., Villacrés Poveda, C. E., & Morales Padilla, M. M. (2024). Sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (*Arracacha xanthorrhiza*) en la elaboración de noodles bajo en gluten. *Agroindustrial Science*, 14(1), 55-61. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5925>

- Jurado Moreira, L. E. (2023). Implantación de Empresa de Suplemento Nutricional a base de Fruta de Pan en Portoviejo Ecuador : Estudio de Factibilidad. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 23(38), 109-121. <https://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec/revista/index.php/cien-ciaytecnologia/article/view/590>
- Li, Z., Lan, Y., Miao, J., Chen, X., Chen, B., Liu, G., Wu, X., Zhu, X., & Cao, Y. (2021). Phytochemicals, antioxidant capacity and cytoprotective effects of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) axis extracts on HepG2 cells. *Food Bioscience*, 41(June), 2-7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429221000584>
- Ortega González, L., Güemes Vera, N., Piloni Martini, J., Quintero Lira, A., & Soto Simental, S. (2022). Substitution of wheat flour by jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lam.) seed flour: Effects on dough rheology and deep-frying doughnuts texture and sensory analysis. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30(December), 3-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X22001470>
- Panda, T., Mishra, N., Rahimuddin, S., Kumar Pradhan, B., Prasanna Nayak, B., & Kumar Sahu, S. (2024). Nurturing Tradition and Nature through Odisha's Shradha Rituals. *Journal of Contemporary Rituals and Traditions*, 2(1), 1-18. <https://ejournal.uinsgd.ac.id/index.php/jcrt/article/view/467>
- Sánchez Trávez, D. E., Garzón Mosquera, F. F., González Amagua, J. E., Cedeño Castro, T. T., Cevallos Uve, G. E., Vera Solorzano, J. L., Cedeño Hidalgo, E. R., Jácome Gómez, L. R., & Alcívar Mera, A. O. (2024). "Sabores de Ecuador" Panadería Artesanal de una Tierra rica en Tradición. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(L1), 1-89. <http://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/359>
- Sayago Ayerdi, S., García Martínez, D. L., Ramírez Castillo, A. C., Ramírez Concepción, H. R., & Viuda Martos, M. (2021). Tropical Fruits and Their Co-Products as Bioactive Compounds and Their Health Effects: A Review. *Foods*, 10(8), 1952. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/8/1952>
- Tramullas, J. (2020). Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica. *El profesional de la información*, 29(4), 2-6. <https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/77328>



# 15

Recibido: mayo, 2024 Aceptado: junio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Página web sobre plantas medicinales y frutales

Web page about medicinal and fruit plants

---

Sherlly Alvarez Miranda<sup>1\*</sup>

E-mail: [ii201@ucf.edu.cu](mailto:ii201@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3864-5309>

Yudith Miranda Torres<sup>1</sup>

E-mail: [ymiranda@ucf.edu.cu](mailto:ymiranda@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9799-1186>

José Ramón Mesa Reinaldo<sup>1</sup>

E-mail: [jrmesa@ucf.edu.cu](mailto:jrmesa@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>

Elyys Chapis Cabrera<sup>1</sup>

E-mail: [echapis@ucf.edu.cu](mailto:echapis@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6321-0086>

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuba.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Alvarez Miranda, S., Miranda Torres, Y., Mesa Reinaldo, J. R. y Chapis Cabrera, E. (2024). Página web sobre plantas medicinales y frutales. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 105-111. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

La página web sobre plantas medicinales es una herramienta digital innovadora que busca incrementar los conocimientos de la comunidad en el uso y beneficios de las plantas medicinales. En la era actual, donde la tecnología juega un papel fundamental en nuestras vidas, esta plataforma se presenta como un recurso educativo accesible y fácil de usar. La página ofrece información detallada sobre diversas plantas medicinales y frutales que se localizan en la provincia de Cienfuegos, sus nombres científicos, comunes, origen, familias a las que pertenecen, así como sus propiedades curativas. El sitio web también fomenta la interacción y el intercambio de conocimientos entre los usuarios a través de los enlaces que se encuentran en ella. Los visitantes pueden compartir sus experiencias, hacer preguntas y aprender de los demás. Esto crea una comunidad de aprendizaje colaborativo que beneficia a todos los miembros. Además, la página web está diseñada para ser intuitiva y fácil de navegar, lo que facilita la búsqueda de información específica. También es compatible con varios dispositivos, lo que permite a los usuarios acceder a la información en cualquier momento y lugar.

La página web sobre plantas medicinales es una valiosa contribución a la educación comunitaria. Aprovecha la tecnología para facilitar el acceso a información importante, promover el aprendizaje colaborativo y empoderar a la comunidad con conocimientos sobre el uso de plantas medicinales. Es un recurso que, sin duda, seguirá evolucionando y mejorando para satisfacer las necesidades de su creciente comunidad de usuarios.

### Palabras clave:

Plantas medicinales, Frutales, Página web, Conocimientos.

### Abstract

The website on medicinal plants is an innovative digital tool that seeks to increase the community's knowledge of the use and benefits of medicinal plants. In the current era, where technology plays a fundamental role in our lives, this platform is presented as an accessible and easy-to-use educational resource. The page offers detailed information about various medicinal and fruit plants that are located in Cienfuegos province, their scientific and common names, origin, families to which they belong, as well as their healing properties. The website also encourages interaction and knowledge sharing between users through the links found on it. Visitors can share their experiences, ask questions and learn from others. This creates a collaborative learning community that benefits all members. Additionally, the website is designed to be intuitive and easy to navigate, it makes possible to search for specific information. It is also compatible with multiple devices, allowing users to access information anytime, anywhere. The medicinal plants website is a valuable contribution to community education. It takes advantages of technology to facilitate access to important information, promote collaborative learning, and empower the community with knowledge about the use of medicinal plants. It is a resource that will undoubtedly continue to evolve and improve to meet the needs of its growing community of users.

### Keywords:

Medicinal plants, Fruit trees, Website, Knowledge.

## Introducción

Vivimos en una época donde la erosión de los conocimientos ancestrales es una realidad innegable, y esto es particularmente evidente en el ámbito de las plantas medicinales. Este patrimonio cultural, transmitido de generación en generación, está en peligro de desaparecer, lo que podría tener consecuencias perjudiciales para la diversidad cultural y la salud de las comunidades que dependen de estas plantas para su bienestar (Benz, Cevallos et al., 2000, como se citó en Guadalupe y Alberto, 2021).

En contraste, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han revolucionado la forma en que se difunde y divulga la ciencia y la tecnología. Estas herramientas han abierto nuevas vías para el intercambio científico, la comunicación y el acceso público al conocimiento científico, convirtiéndose en un activo valioso para cualquier institución (Corredor y Socorro, 2014).

En este escenario, una página web dedicada a las plantas medicinales puede desempeñar un papel vital. Al proporcionar información detallada y accesible sobre una variedad de plantas medicinales y frutales, esta plataforma digital tiene el potencial de ayudar a preservar y revitalizar estos conocimientos ancestrales. Además, al fomentar el aprendizaje colaborativo y el intercambio de experiencias entre los usuarios, puede ayudar a construir una comunidad de aprendizaje que beneficie a todos sus miembros.

Por lo tanto, la combinación de la sabiduría ancestral con las tecnologías modernas puede ser una solución poderosa para los desafíos actuales. Una página web sobre plantas medicinales es un ejemplo perfecto de cómo estas dos fuerzas pueden unirse para promover la educación, la salud y el bienestar de la comunidad. A medida que avanzamos hacia el futuro, es esencial que sigamos explorando y aprovechando estas oportunidades para el beneficio de todos.

Este trabajo se realizó producto de la necesidad de fomentar el conocimiento de las plantas medicinales y frutales a través del uso de las nuevas tecnologías. Es por ello que el problema de investigación es el siguiente:

¿Se pueden enriquecer los conocimientos relacionados con las plantas medicinales y frutales por medio de un sitio web, liderado por el proyecto “Conservación de la Biodiversidad de Frutales y Plantas Medicinales del Municipio de Cienfuegos”?

Objetivo de la investigación

Crear un sitio web instructivo que esté vinculado a temáticas sobre plantas medicinales y frutales.

## Desarrollo

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha mantenido una relación estrecha con los recursos naturales, siendo las plantas uno de los más importantes y utilizados. Según Maldonado et al. (2020), esta relación no se limita a la obtención de alimento, vestido, utensilios de uso

doméstico y material de construcción, sino que también abarca el uso de plantas para curar y/o aliviar enfermedades y lesiones físicas. Este vínculo ancestral con las plantas ha permitido a las comunidades humanas sobrevivir y prosperar en diversos entornos y condiciones.

Las prácticas ancestrales relacionadas con los usos de la biodiversidad aplicadas a la medicina son de suma importancia. Según Becerra Palma (2014), estas prácticas integran la salud humana, el cuidado del medio ambiente y la relación espiritual entre el hombre y la naturaleza. Estas prácticas ancestrales, que han sido transmitidas de generación en generación, representan un cuerpo de conocimientos que ha evolucionado a lo largo de miles de años y que ha permitido a las comunidades humanas mantener una relación armoniosa con su entorno natural.

Sin embargo, en la actualidad, la parte espiritual ha sido olvidada y el hombre se ha desconectado de la naturaleza. Este desapego de la naturaleza ha llevado a una pérdida de conocimientos ancestrales y a una disminución de la diversidad biocultural. Como señalan Ocampo et al. (2019), con el surgimiento de nuevas enfermedades, se hace necesario rescatar los saberes que reconectan al ser humano con el ámbito natural y espiritual de su entorno.

Por tanto, resulta urgente desarrollar iniciativas para la revitalización y conservación de los conocimientos tradicionales. Según Ríos et al. (2008, como se citó en Coronado-Peña & Román, 2022), la capacitación permanente a las comunidades para el empoderamiento sobre la importancia de los conocimientos tradicionales es fundamental. Es necesario educar, entre otros, frente a la relevancia de especies vegetales útiles para algún tipo de dolencia o problema de salubridad.

Asimismo, es crucial buscar la forma de conservar estas especies vegetales con base en lo establecido en la normativa internacional y nacional de conservación y uso sostenible de plantas medicinales. Según Coronado-Peña y Román (2022), la conservación de estas especies no sólo es importante para la salud humana, sino también para la biodiversidad y el equilibrio ecológico. La pérdida de estas especies podría tener consecuencias devastadoras para la salud humana y la biodiversidad.

El conocimiento sobre las plantas medicinales y frutales es más que un simple conjunto de información; es una rica herencia cultural que ha sido transmitida a través de generaciones. Este conocimiento, que abarca desde la identificación de plantas hasta su uso en la medicina tradicional, es un recurso invaluable que puede contribuir significativamente a la salud y el bienestar de las comunidades.

La preservación de este conocimiento es esencial para mantener la diversidad cultural y biológica. La pérdida de este conocimiento no sólo sería una pérdida cultural, sino que también podría tener consecuencias perjudiciales para la salud humana. Por ejemplo, muchas plantas medicinales y frutales tienen propiedades curativas que aún

no han sido completamente exploradas por la ciencia moderna. La pérdida de este conocimiento ancestral podría significar la pérdida de potenciales curas y tratamientos para diversas enfermedades.

Además, este conocimiento ancestral sobre las plantas medicinales y frutales es un recurso invaluable para la salud humana. Muchas de estas plantas tienen propiedades medicinales que pueden ser utilizadas para tratar una variedad de enfermedades y condiciones de salud. Al preservar y revitalizar este conocimiento, podemos asegurar que estas valiosas propiedades medicinales no se pierdan.

Finalmente, es crucial que se tomen medidas para conservar las especies vegetales que son la base de este conocimiento. La conservación de estas especies no sólo es importante para mantener la diversidad biológica, sino que también es esencial para garantizar la continuidad de este conocimiento. Al conservar estas especies, podemos asegurar que las futuras generaciones tengan acceso a este valioso recurso y puedan continuar beneficiándose de sus propiedades medicinales.

En este contexto, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) constituyen una herramienta fundamental, debido a que han instigado una revolución en la adquisición y transmisión de conocimientos. Este cambio ha sido tan radical que ha transformado completamente nuestra interacción con la información y cómo se utiliza para aprender y desarrollarnos.

Primero, las TICs han erradicado las barreras geográficas que anteriormente limitaban el acceso a la información. Antes de la era digital, la información estaba confinada a lugares físicos como bibliotecas y universidades. Sin embargo, con la llegada de Internet, cualquier individuo con un dispositivo conectado puede acceder a información de todo el mundo sin moverse de su ubicación. Esto ha abierto un mundo de posibilidades para las personas que viven en áreas remotas o que no tienen acceso a instituciones educativas.

En segundo lugar, las TICs han eliminado las barreras temporales para el acceso a la información. Anteriormente, se tenía que depender de horarios específicos para acceder a la información, como el horario de apertura de una biblioteca o el horario de una clase. Pero ahora, con las TICs, la información está disponible en todo momento. Esto significa que se puede aprender a su propio ritmo y en su propio tiempo, lo que ha hecho que el aprendizaje sea mucho más flexible y accesible.

Asimismo, las TICs han democratizado el acceso a la información. En el pasado, la información era a menudo controlada por unos pocos. Pero ahora, con la proliferación de Internet, cualquier persona con un dispositivo conectado puede acceder a una cantidad casi infinita de información. Esto ha nivelado el campo de juego, permitiendo a cualquier persona, independientemente de su origen o estatus socioeconómico, tener la oportunidad de aprender y expandir sus horizontes.

Además, Real (2019) argumenta que el progreso de las TICs ha alterado la forma en que se elaboran, adquieren y transmiten conocimientos. Este avance ha fomentado el uso de herramientas innovadoras para el aprendizaje. Entre las nuevas posibilidades educativas que ofrecen estas herramientas, los materiales didácticos digitales de acceso abierto se han convertido en una fuente de información de vital importancia. Esto significa que las TICs no solo han cambiado la forma en que se adquiere el conocimiento, sino que también han proporcionado nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, permitiendo un acceso más amplio a los recursos educativos.

Con su ayuda, se pueden tener aulas virtuales, cursos en línea, y plataformas de aprendizaje interactivo, haciendo a este mucho más eficiente y efectivo. Estas nuevas formas de aprendizaje no sólo han hecho que la educación sea más interesante y atractiva, sino que también han permitido a las personas aprender de una manera que se adapte mejor a sus estilos de aprendizaje individuales.

Las TICs también han facilitado la colaboración y la comunicación. Los estudiantes pueden trabajar juntos en proyectos, compartir ideas y aprender unos de otros, independientemente de su ubicación geográfica. Esto no solo mejora el aprendizaje, sino que también ayuda a desarrollar habilidades de trabajo en equipo y comunicación. Conjuntamente, han permitido la personalización del aprendizaje. Los sistemas de aprendizaje adaptativo, por ejemplo, utilizan algoritmos para adaptar el contenido a las necesidades individuales de cada estudiante. Esto permite un aprendizaje más eficiente y efectivo.

Según Pérez, et al. (2020), el almacenamiento y la comunicación de conocimientos han experimentado cambios significativos a lo largo del tiempo, impulsados por los avances en el desarrollo tecnológico. Estos cambios han beneficiado enormemente estos procesos, convirtiendo a las TICs en una herramienta esencial para la investigación y la información. Esto implica que estas no solo han transformado la forma en que almacenamos y comunicamos información, sino que también han ampliado nuestras capacidades para acceder y utilizar esta información de manera efectiva.

Por otro lado, González, et al. (2020) afirman que el uso de plataformas digitales, como sitios web, redes sociales, portales de comunicación científica, revistas digitales, intranet, sitios de campañas promocionales o recaudación de fondos, y repositorios, se ha convertido en una herramienta esencial de comunicación. Estas plataformas permiten una mayor socialización de la información y el conocimiento, facilitando el intercambio de ideas y la colaboración entre individuos y grupos. Esto sugiere que las TICs han facilitado la creación de comunidades de aprendizaje y colaboración, permitiendo un intercambio más fluido de ideas y conocimientos.

En relación a lo anterior, es importante destacar, que, en la era digital actual, las páginas y sitios web han revolucionado la forma en que se enseña, se adquiere y se transmite el conocimiento. Estas plataformas digitales

ofrecen un acceso sin precedentes a una gran cantidad de información y recursos educativos, permitiendo a los estudiantes, profesores y a la comunidad en general, acceder a materiales de aprendizaje desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Además, estas plataformas han facilitado la colaboración y el intercambio de ideas entre estudiantes, profesores y la comunidad. Los foros de discusión y las salas de chat permiten a los usuarios discutir conceptos, resolver dudas y trabajar en proyectos de grupo de manera virtual, fomentando la participación activa de todos los miembros de la comunidad.

Por otro lado, las páginas y sitios web también han cambiado la forma en que se transmite el conocimiento. Los profesores pueden utilizar estas plataformas para compartir lecciones, asignaciones y retroalimentación con los estudiantes y la comunidad de manera eficiente. Además, las herramientas de seguimiento y análisis incorporadas en muchos sitios web educativos permiten a los profesores y a la comunidad en general, monitorear el progreso de los estudiantes y adaptar su enseñanza en función de las necesidades individuales de los estudiantes.

Finalmente, las páginas y sitios web han democratizado el acceso al conocimiento. Con la proliferación de cursos en línea gratuitos y recursos de aprendizaje de acceso abierto, cualquier persona con una conexión a Internet puede aprender sobre una amplia variedad de temas. Esto ha abierto oportunidades de aprendizaje para personas de todas las edades y antecedentes, haciendo que la educación sea más inclusiva y accesible.

## Resultados y Discusión

Para la elaboración de la página web se tuvo en consideración el tabloide confeccionado por el proyecto “Conservación de la Biodiversidad de Frutales y Plantas Medicinales del Municipio de Cienfuegos”, que recoge el nombre científico, otros nombres por los que se le puede conocer, familia a la que pertenece, sus características y propiedades, así como lugares donde pueden encontrarse en el municipio de Cienfuegos.

Después de un estudio exhaustivo para crear una plataforma web donde se pudieran integrar todos los elementos antes mencionados, se llega a la conclusión de que se debe desarrollar un sitio web interactivo, una plataforma a la que la gran mayoría de los usuarios están familiarizados con su uso, en esta época donde las nuevas tecnologías juegan un papel fundamental.

La página web interactiva reúne las siguientes características:

1. Aborda una variedad de temas relacionados con las plantas medicinales y frutales, permitiendo a cada usuario expresar su criterio, sus puntos de vista y sus conocimientos. Esto se logra a través de foros de discusión y secciones de comentarios.
2. Tiene carácter productivo, porque incita a los usuarios a reflexionar sobre la importancia de las plantas medicinales y frutales.
3. El contenido es de calidad, siendo relevante, preciso y actualizado de manera continua. Proporcionando información útil que satisfaga las necesidades de los usuarios.
4. La página web es fácil de navegar, con un buen diseño permite a los usuarios encontrar la información que buscan de manera rápida y eficiente.
5. Es accesible para todos, independientemente de su capacidad física o tecnológica. Esto incluye tener en cuenta la compatibilidad con lectores de pantalla y otras tecnologías.
6. Presenta enlaces a recursos adicionales, como lecturas adicionales, videos, artículos, etc., proporcionando a los usuarios oportunidades de aprendizaje más profundas.
7. Compatible con dispositivos móviles para permitir el aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier momento.
8. Incorpora una funcionalidad que permita la traducción dinámica del contenido al idioma inglés y español. Esta característica facilitaría el acceso y la comprensión del contenido a usuarios de diversas lenguas, promoviendo así un aprendizaje inclusivo y global.

Esta página web puede ser utilizada en una variedad de contextos educativos y comunitarios, los cuales se explican a continuación:

- **Actividades docentes de pregrado y postgrado:** La página web puede servir como una valiosa fuente de referencia para los estudiantes que estén realizando investigaciones sobre plantas medicinales y frutales. Los profesores pueden asignar tareas que impliquen el uso de la plataforma, como la identificación de plantas, la discusión de sus propiedades medicinales y la exploración de su distribución en el municipio de Cienfuegos. Esto proporciona a los estudiantes una oportunidad única de aprender de manera interactiva y práctica.
- **Conferencias en la comunidad:** Durante las conferencias, los presentadores pueden utilizar la página web como una herramienta visual para ayudar a explicar y demostrar los temas que se están discutiendo. También puede ser un recurso para los asistentes a las conferencias que deseen obtener más información sobre los temas presentados. Esto permite a los asistentes profundizar en su comprensión de los temas discutidos y fomenta un aprendizaje continuo más allá del evento en sí.
- **Talleres:** En los talleres prácticos, los participantes pueden utilizar la página web para identificar plantas, aprender sobre sus propiedades y discutir sus experiencias y conocimientos en los foros de discusión y secciones de comentarios. Esto fomenta

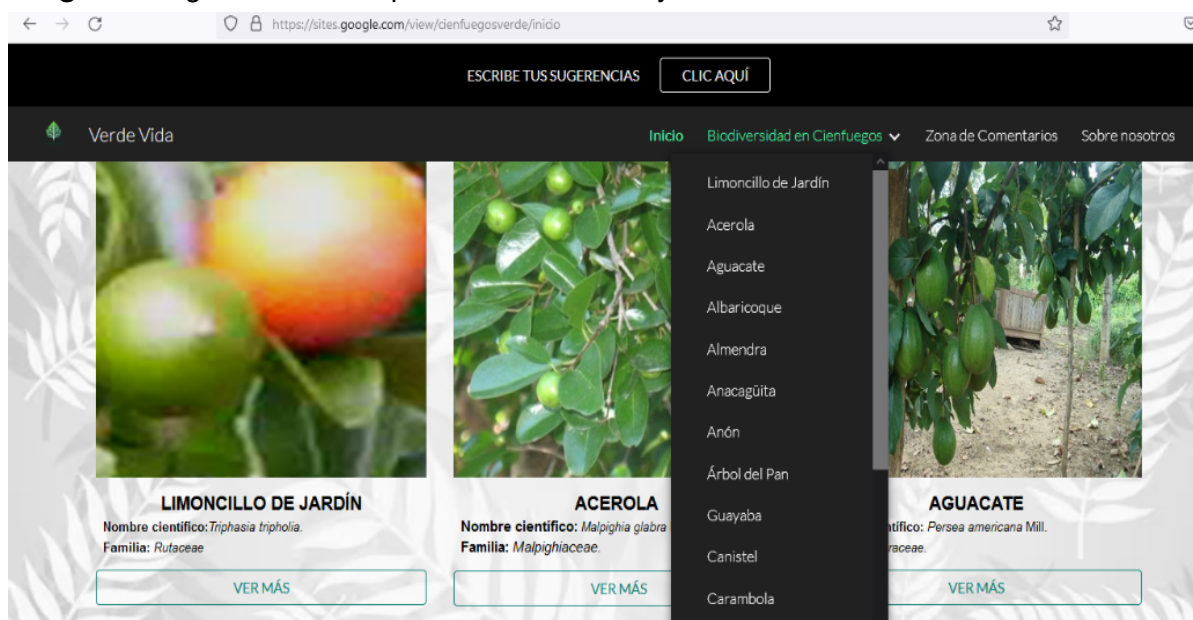
la participación activa y el intercambio de ideas, lo que puede llevar a un aprendizaje más profundo y significativo.

- **Cursos de capacitación:** La página web puede ser un componente integral de los cursos de capacitación sobre botánica, medicina herbal y conservación de la biodiversidad. Los instructores pueden utilizar la plataforma para enseñar a los estudiantes sobre las diferentes plantas y sus propiedades, los estudiantes pueden utilizar la página web para estudiar y hacer investigaciones. Esto proporciona a los estudiantes una valiosa herramienta de aprendizaje que pueden utilizar para complementar su formación.
- **Actividades de divulgación comunitaria:** La página web puede ser promovida en eventos comunitarios

para aumentar la conciencia sobre la biodiversidad local y la importancia de la conservación. Los miembros de la comunidad pueden aprender a utilizar la página web para identificar plantas en su entorno local y aprender sobre sus usos medicinales. Esto puede ayudar a fomentar un mayor respeto y aprecio por la biodiversidad local.

**Investigación:** Los investigadores pueden utilizar la página web como una base de datos para la identificación de plantas y la recopilación de datos sobre su distribución y propiedades. Esto puede facilitar la realización de investigaciones científicas y contribuir al avance del conocimiento en el campo de la botánica y la medicina herbal.

**Imagen 1:** Página web sobre plantas medicinales y frutales.



**Fuente:** Elaboración propia.

En el inicio del semestre, se llevó a cabo una actividad con los estudiantes de Agronomía para evaluar su conocimiento sobre plantas medicinales y frutales en Cienfuegos. Se identificó que los estudiantes tenían un conocimiento limitado sobre el tema. Los resultados obtenidos de la comprobación, de una muestra de 40 estudiantes el 80% de los estudiantes se encontraba suspenso y solo aprobaron el 20 % de ellos. Teniendo en cuenta estas estadísticas y los planteamientos expresados por los estudiantes la disciplina se dio a la tarea de investigar sobre esta problemática encontrada.

Teniendo en cuenta todo lo antes planteado se realizó una encuesta a los estudiantes sobre los conocimientos fundamentales que ellos debían de dominar sobre este tema donde el 50 % manifestaron desconocimiento, un 30% escasos conocimientos y un 20 % conocían sobre

estos temas. Para abordar este problema, se creó una página web como parte del proyecto “Conservación de la Biodiversidad de Frutales y Plantas Medicinales del Municipio de Cienfuegos”, con el objetivo de fomentar el conocimiento en esta área y la implementación de las nuevas tecnologías. Esta página web fue utilizada en diferentes conferencias, talleres, clases prácticas, etc., durante el primer semestre, siendo acogida con gran satisfacción por estudiantes y profesores.

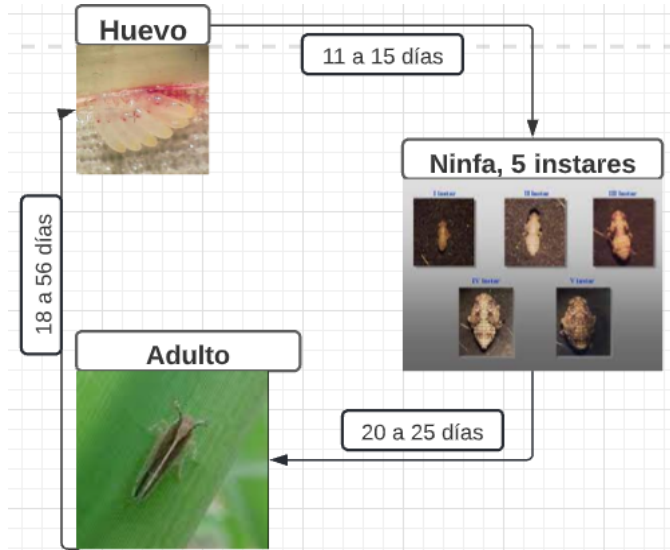
Con el propósito de conocer la efectividad de esta herramienta, se orientó a los estudiantes la realización de un trabajo práctico que abordara temáticas relacionadas con las plantas medicinales y frutales que se encontraban en su comunidad. Obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 1:** Resultados obtenidos por los estudiantes.

Total de la muestra	Calificación		
	3 puntos	4 puntos	5 puntos
40	2	22	16

Fuente: Elaboración propia

**Imagen 2:** Comparación de resultados antes y después.



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla y figura anterior, todos los estudiantes lograron aprobar. Es relevante resaltar que la mayoría de ellos obtuvieron notas entre 4 y 5 puntos, lo que evidencia la efectividad de esta herramienta en el apoyo al aprendizaje y aumento de sus conocimientos.

## Conclusiones

La página web sobre plantas medicinales y frutales no solo proporciona información relevante y actualizada, sino que también ofrece una plataforma para la expresión de opiniones. Esto facilita el aprendizaje y la difusión del conocimiento, permitiendo a los usuarios aprender de manera más efectiva sobre la importancia de estas plantas. La integración de estas herramientas digitales en el ámbito educativo puede mejorar significativamente el conocimiento de los estudiantes sobre estas temáticas.

Además, esta página web actúa como una base de datos para la identificación de plantas y la recopilación de información sobre su distribución y propiedades. Esto no solo facilita la investigación científica, sino que también promueve el respeto y el aprecio por la biodiversidad local.

## Referencias bibliográficas

- Ávila, A., García, S., Sepúlveda, A., & Godínez, M. (2016). Plantas medicinales en dos poblados del municipio de San Martín de las pirámides, estado de México. *Polibotánica*, 42(42), 215-245. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-27682016000200215&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-27682016000200215&script=sci_abstract)
- Becerra Palma, M. E. (2014). Costumbres y prácticas que utilizan los agentes de la medicina ancestral y su relación en la salud de los moradores, en la parroquia Chinga recinto Chigüe de la provincia de Esmeraldas del año 2014. <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/304>
- Benz, B., Cevallos, J., Santana, F., Rosales, J., & Graf, S. (2000). Pérdida del conocimiento acerca del uso de las plantas en la reserva de la biosfera sierra de manantlan, México. <https://doi.org/10.1007/BF02907821>
- Cardona, J. (2013). Vínculo entre mestizaje y salud en un sistema médico de una comunidad indígena colombiana. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(4), 651-664. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662013000400004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662013000400004)
- Corredor Trejo, N., & Socorro, M. A. (2014). Impacto de las Tecnologías de Información y Comunicación en la divulgación del conocimiento científico. *Revista Cieg*, 5(2), 139-161. [http://www.grupocieg.org/archivos\\_revista/5-2-11%20\(139-161\)%20Corredor%20%20Socorro%20noviembre%2014\\_articulo\\_id163.pdf](http://www.grupocieg.org/archivos_revista/5-2-11%20(139-161)%20Corredor%20%20Socorro%20noviembre%2014_articulo_id163.pdf)
- Coronado-Peña, J. J., & Román, R. S. S. (2022). Uso tradicional de plantas medicinales en adultos mayores del municipio de Arauca. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(34), 18-28. [https://www.researchgate.net/profile/Jhorman-Coronado-Peña/publication/366144850\\_Uso\\_tradicional\\_de\\_plantas\\_medicinales\\_en\\_adultos\\_mayores\\_del\\_municipio\\_de\\_Arauca/links/6393bbb9484e65005bf8b4c5/Uso-tradicional-de-plantas-medicinales-en-adultos-mayores-del-municipio-de-Arauca.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jhorman-Coronado-Peña/publication/366144850_Uso_tradicional_de_plantas_medicinales_en_adultos_mayores_del_municipio_de_Arauca/links/6393bbb9484e65005bf8b4c5/Uso-tradicional-de-plantas-medicinales-en-adultos-mayores-del-municipio-de-Arauca.pdf)
- Garzón, L. (2016). Conocimiento tradicional sobre las plantas medicinales de yarumo (*Cecropia sciadophylla*), carambolo (*Averrhoa carambola*) y uña de gato (*Uncaria tomentosa*) en el resguardo indígena de macedonia, Amazonas. *Luna Azul*, 42(43), 386-414. <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=321745921017>

- Guadalupe, S., & Alberto, L. (2021). Conhecimento ancestral de plantas medicinais na comunidade de Sa-huangal, freguesia de Pacto, Pichincha, Ecuador. *Vive Revista de Salud*, 4(10), 72-85. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-32432021000100072&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-32432021000100072&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Maldonado, C., Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R. W., Zenteno-Ruiz, F. S., & Fuentes, A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 55(1), 1-5. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282020000100001](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282020000100001)
- Ocampo, J., Guerrero, I., Noreña, V., & Valencia, D. (2019). Construcción de la memoria colectiva de los pobladores de Nueva Jerusalén sector La Paz conocedores de saberes populares medicinales no farmacéuticos. <https://hdl.handle.net/10656/11029>
- Pérez, C. C. P., Concepción, O. M., & López, Y. G. (2020). Recursos informativos digitales y su contribución al desarrollo agroalimentario. *Agricultura Tropical*, 6(1), 51-59.
- Real Torres, C. (2019). Materiales Didácticos Digitales: un recurso innovador en la docencia del siglo XXI. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 8(2), 12-27. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2019.82.12-27>
- Ríos, M., Cruz, R., & Mora, A. (2008). Conocimiento tradicional y plantas útiles del ecuador; saberes y prácticas. Quito: Ediciones Abya-Yala. [https://books.google.com.ec/books?id=HZU\\_zQ0H3jMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=HZU_zQ0H3jMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false)
- Santayana, M., Morales, R., Aceituno, L., & Molina, M. (2014). Conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad. <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubinv/RMV/387-394IECT.pdf>

# 16

Recibido: abril, 2024 Aceptado: junio, 2024 Publicado: agosto, 2024

## Caracterización de daños ocasionados por insectos-plaga a la caña de azúcar y recomendaciones de manejo en Ecuador

Characterization of damage caused by insect pests to sugar cane and management recommendations in Ecuador

Hipólito Israel Pérez Iglesias<sup>1</sup>

E-mail: [hperez@utmachala.edu.ec](mailto:hperez@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

Irán Rodríguez Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [irodriguez@utmachala.edu.ec](mailto:irodriguez@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Rigoberto Miguel García Batista<sup>1</sup>

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu.ec](mailto:rmgarcia@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez Iglesias, H. I., Rodríguez Delgado, I. y García Batista, R. M. (2024). Caracterización de daños ocasionados por insectos-plaga a la caña de azúcar y recomendaciones de manejo en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 112-119. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

El cultivo de la caña de azúcar representa más del 8% del PIB en la economía de Ecuador. La investigación se realizó con el objetivo que los cañicultores, profesionales, estudiantes y población en general dispongan de un material de consulta actualizado que permita la identificación de los principales insectos-plaga que pueden ocasionar daños a sus plantaciones, así como, evitar o disminuir las pérdidas que estos enemigos puedan causar a las plantaciones cañeras. Las condiciones tropicales presentes en la zona donde se encuentran los ingenios azucareros, son favorables para el desarrollo de insectos plagas en las plantaciones de caña, por lo cual se realiza un monitoreo y control permanente de los que afectan a este cultivo; siendo los principales, salta hojas (*Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy), barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* Fabricius), salivazo (*Mahanarva andigena* Jacobi) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus* L.); un manejo oportuno de estos insectos evita que ocasionen grandes pérdidas, lo cual se realiza fundamentalmente mediante control biológico por ser la forma más eficiente y no ocasionar daños al ambiente.

Palabras clave:

Caña de azúcar, Insectos plagas, Control biológico.

### Abstract

The cultivation of sugar cane represents more than 8% of GDP in Ecuador's economy. The research was carried out with the objective that sugarcane growers, professionals, students, and the general population have updated reference material that allows the identification of the main pest insects that can cause damage to their plantations, as well as, avoid or reduce losses that these enemies may cause to the sugarcane plantations. The tropical conditions present in the area where the sugar mills are located are favorable for the development of insect pests in sugarcane plantations, which is why permanent monitoring and control of those that affect this crop is carried out; the main ones being leafhopper (*Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy), stem borer (*Diatraea saccharalis* Fabricius), spittlebug (*Mahanarva andigena* Jacobi) and striped weevil (*Metamasius hemipterus* L.); Timely management of these insects prevents them from causing large losses, which is fundamentally done through biological control as it is the most efficient way and does not cause damage to the environment.

Keywords:

Sugarcane, Insect pests, Biological control.



## Introducción

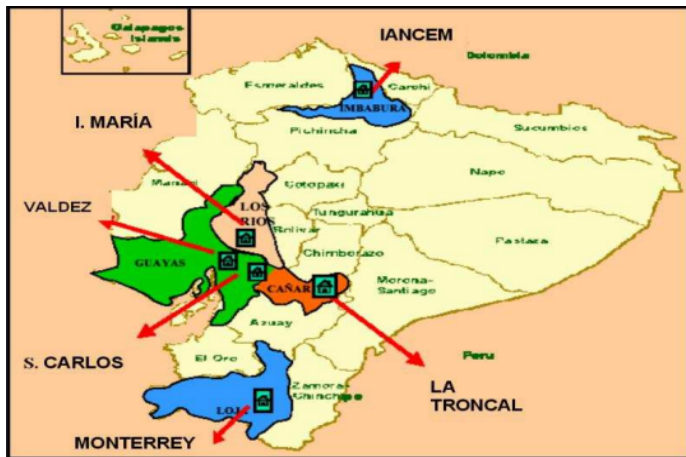
La caña de azúcar la trajo al continente americano Cristóbal Colón, en su segundo viaje, se plantó por primera vez en República Dominicana, de donde se expandió por el Caribe, Latino América y Estados Unidos. En Ecuador se introdujo en el año 1862 y el primer ingenio azucarero llamado La María, se instaló en Guayaquil. Actualmente representa el 8,7% del producto interno bruto agrícola a nivel nacional (Pérez & Rodríguez, 2017; Elizalde, 2015; CINCAE, 2017).

En Ecuador el cultivo de la caña de azúcar es importante por su capacidad de generación de empleo directo para las familias ecuatorianas, el 80% de la producción nacional de caña se destina a la elaboración de azúcar y el resto se utiliza para la preparación de panela (Pilco, 2017).

El cultivo de la caña de azúcar puede ser afectado por varias plagas, dentro de las cuales se pueden encontrar insectos, hongos, bacterias, virus, entre otras. En Ecuador se han identificado 38 tipos diferentes de insectos plaga, de los cuales sólo unos pocos son considerados peligrosos, debido a las pérdidas económicas que originan (Mendoza y Garcés, 2015).

El 82% de la producción de caña en el país, se concentra en la provincia del Guayas, en Cañar el 11%, Imbabura el 3% y Loja el 2%. En el país existen seis ingenios azucareros, responsables de la mayor parte de la producción nacional, tres se encuentran ubicados en la región Costa y tres pertenecen a la región Sierra (Márquez, 2021; Peña, 2020). En la Figura 1 se puede apreciar la ubicación de los ingenios azucareros.

**Fig 1:** Distribución geográfica de los ingenios azucareros en Ecuador.



**Fuente:** Ordoñez (2014).

El objetivo del trabajo fue identificar los principales insectos-plaga que pueden ocasionar daños económicos en las plantaciones cañeras, mediante consultas bibliográficas que posibilite que los cañicultores, profesionales, estudiantes y población en general dispongan de un

material de consulta actualizado que facilite su prevención y control oportuno y que permita a los productores evitar que el daño alcance el umbral económico.

## Materiales y métodos

El presente trabajo constituye una revisión de literatura suficiente, pertinente y vigente, sobre los principales insectos-plaga que afectan al cultivo de la caña de azúcar en Ecuador, daños que causan, hábitos y formas de vida de éstos, estadios por los que transitan durante su ciclo de vida; así como, la forma más eficiente de controlar o disminuir los daños que ocasionan.

## Resultados-discusión

De las 38 especies de insectos considerados plaga, de la caña de azúcar en Ecuador, sólo cinco son graves, ya que las condiciones tropicales presentes, en las zonas donde se cultiva la caña de azúcar en el país, son favorables para el desarrollo de estos, en las plantaciones comerciales de esta gramínea (Munizzi, 2015).

### Salta hojas (*Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy)

Se detectó por primera vez en el continente americano en año 1996, en la cuenca baja del río Guayas, una de las principales zonas cañeras de Ecuador, actualmente está presente en toda el área donde se cultiva la caña de azúcar en el país (Rodríguez, 2020).

#### Morfología y biología del salta hojas

El salta hojas, presenta una metamorfosis incompleta, es decir, pasa por los estadios de huevo, ninfa y adulto, por lo que, no se producen larvas.

#### Huevos

Los huevos son alargados, de color transparente con un tamaño de (1,0 x 0,3 mm), son depositados por las hembras en la base de las hojas, estas pueden ovipositar un aproximado de 300 huevos agrupados de 3 a 7, en la nervadura central de la hoja, el periodo de incubación es de 11 a 15 días (Rodríguez, 2020).

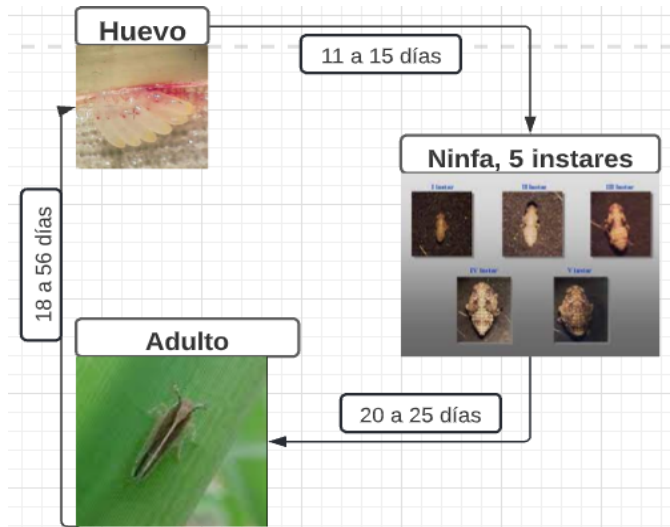
#### Ninfa

Las ninfas pasan por cinco instares, cada uno puede durar de 4 a 6 días, son gregarias y se agrupan en el envés de las hojas y en las vainas foliares (Wilson, 2019).

#### Adulto

El insecto adulto presenta un tamaño de 5 mm de largo y 1,8 mm de ancho, su coloración manifiesta tonalidades marrones claro y un par de líneas oscuras bien diferenciadas, la longevidad de los adultos es de 18 a 50 días y el ciclo biológico de huevo a adulto dura de 30 a 35 días (Wilson, 2019) (Figura 2).

**Fig 2:** Ciclo biológico del salta hojas.



Fuente: Rodríguez (2020).

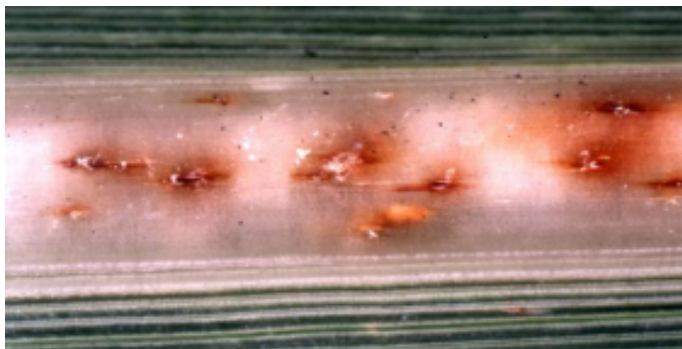
### Hábitos

Las ninfas hembras se alojan en las hojas inferiores, sin embargo el adulto termina el ciclo de su desarrollo en la parte superior de la planta, cerca del cogollo, y coloca los huevecillos en el nervio central de las hojas (Mendoza et al., 2013).

### Síntomas y daños

El daño lo realizan en estado de ninfa y adulto, el cual origina amarillamiento en la parte foliar de las plantas, crecimiento lento, entrenudos cortos, las hojas presentan marchitez temprano y muerte de las plantas jóvenes en caso de daños graves. Las heridas causadas por la ovoposición favorecen la entrada de microorganismos que ocasionan la pudrición roja (Márquez, 2016) (Figura 3).

**Fig 3:** Daños ocasionados por la oviposición del salta hojas.



Fuente: Rodríguez (2020).

Bajo las condiciones climáticas de Ecuador, se presentan variaciones poblacionales muy marcadas durante el año y se las pérdidas pueden ser de hasta un 45%, si la

población de salta hojas es alta y la plantación presenta una edad de 6 a 7 meses (Castillo et al., 2021).

Por otra parte, se produce una afectación colateral, porque las ninfas y adultos expulsan un líquido azucarado que cubre las hojas, el cual sirve para el desarrollo de un hongo saprofita de color negro que cubre la superficie foliar llamado comúnmente fumagina (*Capnodium* sp.) que afecta de manera directa a la planta ya que interfiere en el proceso fotosintético de la misma (Márquez, 2016) (Figura 4).

**Fig 4:** Fumagina debido a daño del salta hojas.



Fuente: Rodríguez (2020).

No obstante, el daño directo que causa el salta hojas por sus picaduras en el follaje de la caña de azúcar, no representa el mayor peligro de esta plaga; el efecto perjudicial de más envergadura se centra, en que este insecto es el vector del virus de la enfermedad o mal del Fiji, muy peligrosa, no presente en el continente americano y difícil de controlar, la cual causa altas pérdidas en este cultivo, debido a esto es importante el control preventivo de este insecto (Wilson, 2019).

### Control biológico

Es muy efectivo el uso insectos parasitoides de huevos como *Aprostocetus* sp. y *Anagrus* sp., para contaminar ninfas se usa *Pseudogonatopus* sp. y para destruir huevos *Tyttus parviceps*. Otra variante de control es el empleo de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, que realiza un control muy efectivo, en condiciones de alta humedad relativa (Castillo et al., 2021).

### Barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* Fabricius)

El perforador constituye la principal y más extendida plaga de la caña de azúcar a nivel mundial. En Ecuador se encuentra diseminado en toda la superficie donde se planta este cultivo, por lo que, es considerado un insecto plaga peligroso, debido a las altas pérdidas económicas que origina (CINCAE, 2017).

### Morfología y biología

El barrenador del tallo presenta una metamorfosis de tipo completa: huevo, larva, pupa y adulto.

### Huevo

Son de forma ovalada y aplanada, de color blanco cremoso, el periodo de incubación tarda de 4 a 5 días.

### Larva

Su color es blanco cremoso, con varios puntos de color castaño oscuro a lo largo del cuerpo, permanece en estado de larva de 18 a 25 días.

### Pupa

Es de configuración oblonga, de color café, de 15 a 25 mm de largo, permanece en este estado de 10 a 14 días (Pérez, 2018).

### Adulto

Es una mariposa color crema, de tamaño variable, 20 a 26 mm de longitud, el tiempo de permanencia en este estado es de 4 a 8 días. Después de fertilizadas las hembras depositan los huevecillos en forma de escama, cada puesta puede contener entre 60 y 180 huevos. (Hernández, 2011) (Figura 5).

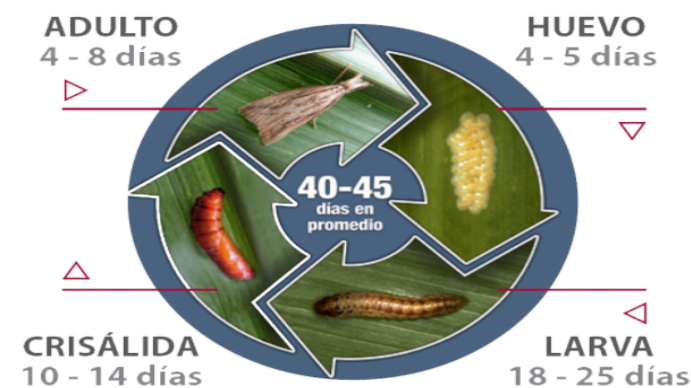
**Fig 5:** Huevos de barrenador de la caña de azúcar colocados en forma de escamas.



Fuente: Hernández (2011).

El esquema del ciclo de vida de este insecto, distribuido por días en sus diferentes etapas morfológicas se puede apreciar en la Figura 6.

**Fig 6:** Ciclo biológico del perforador del tallo de la caña de azúcar



Fuente: Lezaun (2020).

### Hábitos

Los adultos presentan un modo de vida trasnochador, al eclosionar los huevos, las larvas permanecen durante cuatro o cinco días en la superficie de las hojas y tallos, posteriormente barrenan los tallos de caña y termina su desarrollo en el interior de éstos, hasta convertirse en adulto (CINCAE, 2017).

### Síntomas y daños

La mayor afectación se produce durante en el estadio de larva, debido a que en esta fase perfora el tallo, produciendo un aserrín grueso de color amarillento, provocando una disminución en el crecimiento y desarrollo de las plantas adultas, si el ataque se realiza en las plantas jóvenes puede generar la muerte de las mismas (Hernández, 2011). Por las perforaciones que ocasiona en los tallos, penetran hongos como el *Colletotrichum falcatum* que produce la pudrición roja, degradan la calidad del jugo y disminuye el rendimiento en azúcar en el proceso de fabricación (Lezaun, 2020) (Figura 7).

**Fig 7:** Daño producido por el perforador del tallo de la caña de azúcar.



Fuente: Cenicaña (2015).

### Control biológico

El control biológico con parasitoides producidos en el laboratorio de los ingenios es el método más eficaz, para disminuir las poblaciones de larvas que son las que realizan el mayor del daño. En Ecuador se emplean la avispa *Cotesia flavipes*, en dosis de 1 g/ha o mil avispietas/ha y la mosca *Billaea claripalpis* de la cual se realizan sueltas de 24 moscas/ha; también se utiliza un uso combinando de estos parasitoides aplicando *Cotesia flavipes* + *Billaea claripalpis* en una dosis de 0,5 g + 12 moscas/ha (Peralta, 2018; Hernández, 2011).

### Salivazo (*Mahanarva andigena Jacobi*)

Este insecto es considerado una especie nativa, que habita en pastos y malezas de la familia de las gramíneas, con el paso del tiempo se ha acondicionado a vivir en la caña de azúcar, en la actualidad se encuentra distribuido en las principales zonas cañeras del país (CINCAE, 2017).

#### Morfología y biología

Presenta una metamorfosis incompleta, ya que durante su desarrollo sólo transcurre por tres estadios: huevo, ninfa y adulto, es decir, no se producen larvas.

#### Huevos

La hembra adulta coloca los huevos en áreas aledañas al cuello de los tallos que brotan de la cepa de una planta de caña de azúcar. Son alargados con una longitud promedio de 0,3 a 1 mm, de color blanco cremoso; son de dos tipos, unos de corto desarrollo y otros con diapausa (López & Pérez, 2012).

La diapausa es una estrategia en la que los insectos pueden suspender su desarrollo o crecimiento y llegar a una fase de inactividad por un largo período de tiempo, con la finalidad de sobrepasar una temporada crítica. Dicha inactividad puede ocurrir en cualquier fase del insecto, dependiendo de la especie en cuestión y de su determinación genética.

#### Ninfas

Cuando los huevos eclosionan no salen larvas, sino ninfas que penetran en el suelo, se fijan y parasitan las raíces de la caña, ocasionando un daño muy severo; son de color crema y atraviesan por 5 instares, cada uno tiene una duración de 6 a 7 días.

#### Adulto

La hembra deposita de 40 a 100 huevecillos en cada puesta, en la base de las vainas foliares viejas, dejándolos incrustados en el interior de éstas. El período de vida de los adultos es de 6 a 7 días y el ciclo de vida desde huevo a adulto es de 60 a 70 días (Quinche, 2018) (Figura 8).

**Fig 8:** Esquema que representa el ciclo vida del salivazo.



**Fuente:** López & Pérez (2012).

### Hábitos

Al momento que las ninfas salen de los huevos se trasladan al interior de los cogollos en abundantes cantidades, donde se alimentan y permanecen los primeros instares, posteriormente se mueven hasta las vainas de las hojas, donde se refugian y alimentan hasta alcanzar el estado adulto (Quinche, 2018).

#### Síntomas y daños

Este insecto daña al cultivo de la caña de azúcar de dos maneras: el primero lo producen las ninfas al momento de alimentarse de las raíces y tallos de las plantas y el segundo daño lo realizan los al alimentarse de los retoños y hojas (Cruz & Carrillo, 2015).

Un síntoma característico de la ocurrencia de la ninfa es que se adhiere a las raíces superficiales y debajo de las vainas foliares para alimentarse de la savia, generalmente este daño pasa desapercibido a no ser por los residuos de una espuma o saliva que excreta para protegerse de la luz solar, ya que este insecto es foto sensible. Al secarse esta secreción se aprecia un polvo blanquecino o saliva, sobre todo en los campos recién cosechados (Figura 9).

**Fig 9:** Daños producido por las ninfas del salivazo.



**Fuente:** CINCAE (2017).

En el proceso de su alimentación, el insecto adulto pica en las hojas de las plantas, succiona la savia e inyecta sustancias nocivas que causan una especie de quemaduras en el follaje, que da la apariencia como si se hubiese quemado la plantación, por eso en algunos lugares le llaman candelilla al ataque del salivazo, el cual disminuye considerablemente la actividad fotosintética, afectándose la síntesis de sacarosa (Figura 10). Cuando el ataque es severo, se pueden producir pérdidas de hasta un 15% de sacarosa (Ulloa, 2016).

**Fig 10:** Daño de salivazo en estado adulto en la hoja de la caña.



**Fuente:** Cenicaña (2015).

### Control biológico

Como control biológico de esta plaga, se han reportado diversas especies de hongos entomopatógenos, se destaca *Metarhizium anisopliae*. Las esporas del hongo al entrar en contacto con el salivazo son capaces de penetrar el cuerpo del insecto en pocas horas, después invaden la cavidad hemocélica y elaboran toxinas que matan al insecto; en tres a cuatro días se observan los primeros signos del ataque del hongo en el insecto, este es cubierto por un micelio de color blanco, que luego al generar esporas le dan una coloración verdosa a los restos del salivazo (De la Cruz & Cajilima, 2012) (Figura 11)

**Fig 11:** Individuos de *Mahanarva andigena* parasitados.



**Fuente:** De la Cruz & Cajilima (2018).

Según De la Cruz & Cajilima (2018), se puede realizar aplicaciones de este insecticida biológico hecho a base de hongos, las cantidades de aplicación dependen de la cepa que se use. Se ha reportado que la cepa Ma181 de *Metarhizium anisopliae* tiene un costo de 500\$/ha; lo cual representa un 50% del costo por uso de plaguicidas químicos, además que los rendimientos de la caña de azúcar aumentan en 7 toneladas por hectárea aproximadamente.

### Picudo Rayado (*Metamasius hemipterus L.*)

En algunos países de Sudamérica, entre ellos Ecuador y Bolivia se lo estima como una plaga de primera importancia para el cultivo de caña de azúcar (CINCAE, 2017).

### Morfología y biología

Como señala Ramírez (2020), este insecto realiza metamorfosis completa cruzando por los estadios de huevo, larva, pupa y adulto.

### Huevo

Presentan coloración blanca, con una forma oval, presentan una longitud de 1,4 mm y un diámetro de 0,6 mm.

### Larva

Las larvas del picudo miden de 14 a 18 mm, la coloración es blanca cremosa y a medida que avanzan hacia el estado de pupa, se tornan de una coloración amarillenta, una particularidad de las larvas es la falta de patas (ápodas) se mueven a través de contracciones y expansión de sus segmentos torácicos.

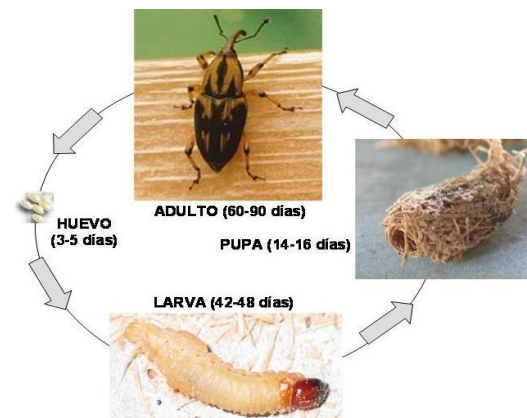
### Pupa

La pupa presenta coloración café o castaña y es de tipo exarata, es decir, sus apéndices que aún no se encuentran funcionales están expuestos y son visibles todas las partes del cuerpo.

### Adulto

El tamaño del adulto se encuentra entre los 1,5 cm a 2,0 cm, su cuerpo tiene forma oval y presenta un color amarillo con rayas negras bien diferenciadas. El ciclo de vida, desde la ovoposición hasta que se convierte en adulto, tarda aproximadamente 65 a 70 días, la diferencia de sexo se reconoce por la desigualdad de tamaño, el macho es más pequeño que la hembra, la longevidad de los adultos puede llegar hasta los seis meses (Figura 12).

**Fig 12:** Ciclo biológico de picudo rayado.



**Fuente:** Dieca (2016).

## Hábitos

Las hembras depositan sus huevos dentro de los tallos, las larvas hacen galerías y completan su desarrollo en el interior de los tallos, la cámara de la pupa la construyen con fibras de caña y ahí permanece hasta que emerge el adulto, éste se halla atraído por el olor de la fermentación, debido a galerías hechas por otros insectos como el barrenador o tallos partidos (CINCAE, 2017).

## Síntomas y daños

Las hembras depositan sus posturas dentro de los tallos e ingresan agentes de pudrición que fermentan y perjudican la calidad del jugo, además las larvas hacen galerías a lo largo de los entrenudos debilitando a las plantas de caña. Dentro de los síntomas más notables se encuentran que, las hojas muestran coloración amarillenta, yemas muertas y acumulación de aserrín en las galerías producidas por las larvas que son normalmente de mayor tamaño que las del barrenador. Dentro de los daños se le atribuye pérdidas de hasta el 15% de la producción y una pérdida del 30% de la sacarosa extraíble por deterioro de los jugos (Ramírez, 2020) (Figura 13).

**Fig 13:** Daño producido por larvas del picudo rayado en el interior de los tallos de caña de azúcar.



Fuente: CINCAE (2017).

## Control biológico

Dentro del control biológico se encuentra el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, el mecanismo de infección de este hongo inicia cuando el conidio se adhiere a la cutícula del picudo rayado, antes de matar por completo al insecto este presenta pérdida de sensibilidad y parálisis, con la muerte del insecto aumenta la esporulación y luego ayuda a la dispersión del hongo, de esta manera se realiza un mejor control. Las aplicaciones de *Beauveria bassiana* consiste en conidios del hongo dispersas en agua, actualmente se encuentra en el mercado insecticidas biológicos hechos a base del hongo de manera natural aislado del suelo, la dosis recomendada depende de los niveles de infestación pero varía de  $2,5 \times 10^{12}$  a  $5,0 \times 10^{12}$  conidios/ml por hectárea (Ramírez, 2020).

## Áfido amarillo (*Sipha flava* Forbes)

Son insectos chupadores de savia que viven en colonias en el envés de las hojas. Se presenta fundamentalmente en la caña de socas y en el período seco. Se reproducen por partenogénesis. No existen machos, todos los individuos dan origen a hembras ápteras o aladas, que llegan a medir 1,5 a 2,0 mm de largo. Las ninfas y los adultos son de color amarillo.

## Daños

Las ninfas y los adultos al momento de alimentarse inyectan toxinas en las hojas, lo que ocasiona inicialmente puntos o pecas de color marrón en los sitios de alimentación, luego las hojas se tornan amarillas o rojo oscuro y finalmente se secan desde las puntas.

## Métodos de control

Generalmente la lluvia o el riego por aspersión constituyen el método más eficaz para el control de esta plaga. Además, existen varios enemigos naturales que contribuyen en el control natural de áfidos como varias especies de coccinélidos, crisopas, sírfidos y arañas (Mendoza et al., 2012).

## Consideraciones finales

El cultivo de caña de azúcar es un agroecosistema que ofrece un ambiente favorable para el desarrollo de numerosos insectos, que pueden convertirse en plagas muy perjudiciales. El efecto destructivo de estos organismos puede causar pérdidas significativas en la producción y el rendimiento azucarero y en algunos casos, transmitir enfermedades muy importantes que afectan el cultivo. Por otra parte, este sistema de producción tiene la ventaja de facilitar condiciones favorables para el establecimiento de varios organismos benéficos que actúan como reguladores naturales de las poblaciones de insectos plaga.

## Conclusiones

Los insectos plagan que mayor impacto generan en el cultivo de la caña de azúcar en Ecuador son el Salta hojas, Barrenador del tallo, Salivazo y el Picudo rayado, los cuales ocasionan grandes pérdidas productivas (rendimiento agrícola y contenido de azúcar del jugo) y económicas. El control biológico es la principal forma de erradicar o disminuir el ataque de estos insectos plaga, a través del uso de parasitoides y hongos entomopatógenos, un punto clave es conocer el ciclo biológico del insecto, para efectuar la aplicación de control en el momento oportuno.

## Referencias bibliográficas

Castillo, C., Montero, B., & Cuasapaz, P. (2021). *Memorias del II Congreso de Control Biológico Aplicado*. <http://archivosacademicos.usfq.edu.ec>

- Cenicaña. (2015). *Identificación, evaluación y control de Diatraea spp.* Cenicaña. [http://www.cenicana.org/pdf/plegable/evaluacion\\_control\\_Diatraea\\_2015.pdf](http://www.cenicana.org/pdf/plegable/evaluacion_control_Diatraea_2015.pdf)
- CINCAE. (2017). Informe Técnico caña de azúcar. In *Schweizerische Ärztezeitung* (Vol. 93, Issue 06). <https://doi.org/10.4414/saez.2012.16640>
- Cruz, N., & Carrillo, M. (2015). Control del salivazo o mosca pinta (*Aeneolamia postica*) en la caña de azúcar. *TLA-TEMOANI. Revista Académica de Investigación*, 19, 130–145. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7303920>
- De la Cruz, W., & Cajilima, W. (2012). Control biológico del salivazo (Mahanarva andigena) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con *Metarhizium* sp. (Fungi: Ascomycota: Clavicipitaceae). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1, 18–26. <https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/article/view/6>
- Elizalde, M. F. (2015). *Mejoramiento de la rentabilidad con diversificación de subproductos de la caña de azúcar, en Chaguarpamba. Loja. 1.* [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1983/1/CD769\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1983/1/CD769_TESIS.pdf)
- Hernández, R. (2011). Barrenador (*Diatraea saccharalis*) y mosca pinta (*Aeneolamia* spp. *Prosapia* spp.) en caña de azúcar y sus enemigos naturales. *AGROPRODUCTIVIDAD*, 3–9. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/578>
- Márquez, J. M. (2016). IX. *El manejo integrado de plagas 1.* Cengicana. <https://cengicana.org/files/20150828053618658.pdf>
- Mendoza, J. Garcés, F. (2015). Principales plagas y enfermedades exóticas de la caña de azúcar, en Ecuador. 1–9. <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/PLAGAS-Y-ENFERMEDADES-EXOTICAS-DE-LA-CA%C3%91A-DE-AZ%C3%91ACAR.pdf>
- Mendoza, J; Gualle, D; Gómez, P. (2012). Guía para el reconocimiento y manejo de insectos plagas y roedores de la caña de azúcar, en el Ecuador. 3 ed. El Triunfo, Ecuador. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). 33 p. <https://cincae.org/wp-content/uploads/2021/08/GUIA-DE-INSECTOS-PLAGAS-DE-LA-CANA-DE-AZUCAR.pdf>
- Munizzi, J. S. (2015). *Plagas potenciales: una amenaza para el cultivo de la caña de azúcar en Ecuador.* 18–20.
- Peña, M. O. D. (2020). Procesos Y Parámetros De Operación De Un Ingenio Azucarero En El Ecuador. *Machala, 27 De Febrero*, 4. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15343/1/E-5847 PEÑA OTACOMA DARLING MICHAEL.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15343/1/E-5847_PEÑA_OTACOMA_DARLING_MICHAEL.pdf)
- Pérez, H., & Rodríguez, I. (2017). Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz) (Issue July). <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12538>
- Pilco, J. (2017). Informe Técnico Caña de Azúcar. *Ecuaquímica*, 10. [https://www.ecuanoticias.com.ec/info\\_tecnica\\_cana.pdf](https://www.ecuanoticias.com.ec/info_tecnica_cana.pdf)
- Quinche, W. C. (2018). Evaluación del ciclo de vida del salivazo Mahanarva andigena sobre plántulas de caña de azúcar. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 7(1), 3–7. <https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/article/view/92>
- Ramírez, Y. (2020). *Evaluación de la eficacia de Beauveria bassiana y Metarhizium spp. en el control de picudo rayado de caña de azúcar en condiciones de campo Fátima-Pastaza.* <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/634>
- Rodríguez, D. (2020). *Manejo integrado del salta hojas (Perkinsiella saccharicida), en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum).* <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8492>
- Ulloa, M. (2016). *Determinación de la incidencia de las principales plagas de la caña de azúcar (Saccharum spp.) en el cantón Pangua, provincia Cotopaxi.* [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTEQ\\_bf4d3446a8221dc-d0199e4b2cca563af](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTEQ_bf4d3446a8221dc-d0199e4b2cca563af)
- Wilson, B. E. (2019). Hemipteran pests of sugarcane in north america. *Insects*, 10(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/insects10040107>

## Percepción de estudiantes de Primer Ingreso a la Universidad sobre el Impacto de la inteligencia artificial, IA

Perception of First-Year University Students on the Impact of artificial intelligence, AI

Marcos Espinosa-Aguilar<sup>1\*</sup>

E-mail: [maespinosa@utmachala.edu.ec](mailto:maespinosa@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2608-0769>

Irán Rodríguez-Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [irodriguez@utmachala.edu.ec](mailto:irodriguez@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Rigoberto Miguel García-Batista<sup>1</sup>

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu.ec](mailto:rmgarcia@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Espinosa-Aguilar, M, Rodríguez-Delgado, I, García-Batista, R. (2024). Percepción de estudiantes de Primer Ingreso a la Universidad sobre el Impacto de la IA. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 120-126. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

### Resumen

En la actualidad la inteligencia artificial (IA) constituye una herramienta crucial para nuestra sociedad en el siglo XXI, y su relevancia abarca a todos, ofreciendo oportunidades encaminadas al mejoramiento de nuestras vidas. El objetivo del estudio fue interpretar la percepción de estudiantes de primer ingreso a la educación superior en relación con el uso de la IA aplicada a las ciencias agropecuarias. Se reconoce la capacidad de la IA para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del sector agropecuario, sin embargo, se evidencian preocupaciones sobre los dilemas éticos y las implicancias laborales que conlleva su implementación. Es fundamental que las instituciones educativas ajusten sus currículos para abarcar habilidades técnicas y una comprensión profunda de los aspectos sociales y éticos de la tecnología. Este enfoque integral es crucial para preparar a los estudiantes para liderar en un entorno agropecuario tecnológicamente avanzado y orientado a datos, enfatizando la necesidad de colaboración interdisciplinaria y soporte institucional para abordar eficazmente los desafíos del futuro.

### Palabras clave:

Percepción estudiantil, Inteligencia artificial, Impacto agropecuario, Ética tecnológica, Educación superior.

### Abstract

Currently, artificial intelligence (AI) constitutes a crucial tool for our society in the 21st century, and its relevance extends to everyone, offering opportunities aimed at improving our lives. The objective of the study was to interpret the perception of first-year higher education students regarding the use of AI applied to agricultural sciences. The ability of AI to enhance the efficiency and sustainability of the agricultural sector is recognized; however, there are concerns about the ethical dilemmas and labor implications associated with its implementation. It is essential for educational institutions to adjust their curricula to include technical skills and a deep understanding of the social and ethical aspects of technology. This comprehensive approach is crucial for preparing students to lead in a technologically advanced and data-driven agricultural environment, emphasizing the need for interdisciplinary collaboration and institutional support to effectively address future challenges.

### Keywords:

Student perception, Artificial intelligence, Agricultural impact, Technological ethics, Higher education.



## Introducción

En el siglo XXI, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un motor de cambio en numerosos sectores económicos y sociales, especialmente en las ciencias agropecuarias, un área tradicionalmente dependiente de la innovación tecnológica que posibilita su desarrollo sostenible. La integración de la IA en prácticas agrícolas no solo promete revolucionar la eficiencia y la productividad, sino que también implica una transformación en la educación y preparación de los futuros profesionales del sector. Zhao et al. (2021), sugiere que las universidades deben promover el desarrollo de competencias digitales, lo que es esencial para los estudiantes que se enfrentan a modelos educativos cambiantes y los desafíos del trabajo futuro.

La agricultura digital puede mitigar el cambio climático y mejorar la seguridad alimentaria mediante el uso de tecnologías avanzadas, pero es de gran importancia la acción coordinada entre políticos, investigadores y agricultores para garantizar que los beneficios de la digitalización se realicen de manera sostenible y equitativa (Balasundram et al., 2023). Vermeulen et al. (2018) indican que la automatización puede eliminar algunos empleos, también crea demanda de mano de obra en otros sectores, proponiendo que estamos ante un cambio estructural habitual en lugar del “fin del trabajo”. Además, los autores sugieren políticas que promuevan la eficiencia dinámica de estos cambios estructurales.

Desde una perspectiva académica, es crucial que estos programas eduquen a los estudiantes sobre las implicaciones éticas y sociales del uso de la IA en la agricultura, este enfoque debe incluir discusiones sobre la privacidad de datos, la equidad en el acceso a las tecnologías y las consecuencias del desplazamiento laboral (Mark, 2019). Además, la percepción estudiantil sobre la IA y su disposición para adoptar estas tecnologías son indicativos del éxito futuro de su implementación en el campo. Investigaciones demuestran que la aceptación tecnológica entre los estudiantes está fuertemente influenciada por su percepción sobre la utilidad y la facilidad de uso de la tecnología, así como por el apoyo institucional que reciben durante su formación (Chan & Zhou, 2023).

La IA está transformando la agricultura de precisión al optimizar procesos agrícolas tradicionales y abrir nuevas posibilidades para la gestión eficiente de los recursos. La implementación de sensores inteligentes y tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y los drones automatizados permite una respuesta rápida a las condiciones cambiantes del entorno, mejorando significativamente la detección temprana de plagas y enfermedades. Esto es crucial para minimizar pérdidas y maximizar la producción agrícola, promoviendo una agricultura más sostenible y productiva (Ullo et al., 2021).

La colaboración interdisciplinaria en el desarrollo de soluciones basadas en IA para la agricultura es crucial. La combinación de conocimientos en agronomía, informática

y ciencias de datos permite la creación de sistemas más robustos y eficientes. Esta colaboración es esencial para enfrentar los retos actuales y futuros de la agricultura, tales como la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad ambiental (Ullo et al., 2021). Finalmente, la implementación efectiva de estas tecnologías con IA depende de una infraestructura adecuada, incluida la conectividad a Internet y el acceso a tecnologías avanzadas. (Cavalcante de Oliveira & Souza, 2023). La IA se integra en la educación para mejorar la eficiencia, personalizar la experiencia de aprendizaje, reducir el trabajo de los docentes y mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, centrado en la responsabilidad y la ética en su aplicación (Magallanes-Ronquillo et al., 2023).

El objetivo del estudio fue interpretar la percepción de estudiantes de primer ingreso a la educación superior en relación con el uso de la IA aplicada a las ciencias agropecuarias.

## Materiales y métodos

El estudio adopta un enfoque cuantitativo para investigar las percepciones y expectativas sobre la IA entre los estudiantes de primer ingreso a las carreras ofertadas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. La investigación fue diseñada para evaluar la comprensión y las actitudes hacia la IA de estudiantes de nuevo ingreso en la educación universitaria.

Estudio transversal, observacional, prospectivo y descriptivo. La población en estudio (POE) la formaron 360 estudiantes de nuevo ingreso en la FCA y la muestra de 239 participantes fue calculada con algoritmo matemático y seleccionados mediante muestreo aleatorio simple. La representatividad de la muestra garantizó la validez del estudio y se garantizó proporcionalidad de cada especialización dentro de la FCA. La encuesta permitió medir la percepción de los estudiantes sobre sus habilidades digitales en un formato estructurado y comparativo, facilitando así el análisis detallado de las competencias digitales en un entorno educativo universitario (Zhao et al., 2021).

Se desarrolló un cuestionario validado por juicio de expertos compuesto por 15 ítems, combinando formatos de respuesta cerrada, selección múltiple y escalas de Likert de cinco puntos. Antes de aplicarlo, se sometió a la prueba a un pequeño subconjunto de la población objetivo para asegurar la fiabilidad del instrumento. Las encuestas se administraron en formato digital a través de Microsoft Office Forms durante sesiones presenciales en aulas universitarias, facilitando la supervisión directa del proceso de respuesta para minimizar el riesgo de datos incompletos o inconsistencias.

Se tomó el consentimiento informado de cada participante, asegurando la comprensión de los objetivos del estudio y la confidencialidad de sus respuestas, garantizando la privacidad y el anonimato; subrayando que la

participación era voluntaria y que los datos serían utilizados exclusivamente con fines académicos y de investigación. Se comparó la implicación de los hallazgos en el contexto de la literatura existente sobre IA en educación agropecuaria, para finalmente proporcionar recomendaciones para futuras investigaciones y la integración de la IA en los currículos académicos agropecuarios.

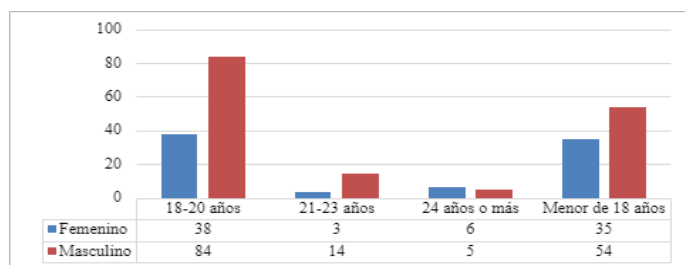
Se aplicaron pruebas estadísticas rigurosas para evaluar la relación entre variables clave del estudio. Primeramente, se llevó a cabo un análisis de estadística descriptiva con los datos individuales, ofreciendo un panorama detallado y específico de cada variable, seguido, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para medir la fuerza y la dirección de la relación lineal entre las variables seleccionadas. Esta técnica cuantifica la relación en una escala de -1 a 1, donde los valores positivos indican una correlación directa y los negativos una inversa. Además, se realizó una prueba de hipótesis para determinar la significancia estadística de los resultados, utilizando un p-valor con un umbral de significancia del 5%. Los análisis estadísticos se realizaron con herramientas computacionales avanzadas como fue Python con librerías especializadas en manipulación, análisis de datos y pruebas estadísticas; asegurando precisión y confiabilidad en los resultados.

## Resultados-discusión

### Perfil demográfico y conocimiento sobre IA

La Figura 1 indica que la muestra tiene una mayor proporción de estudiantes masculinos (157) en comparación con estudiantes femeninos (82). La mayoría de los estudiantes encuestados son de 18-20 años (122), típico para estudiantes de primer ingreso en la universidad. La siguiente mayor población es la de menores de 18 años (89), indicando una inclusión temprana en la educación superior. Hay una menor representación de estudiantes en el rango de 21-23 años (17) y de 24 años o más (11), sugiriendo que la mayoría de los estudiantes ingresan a la universidad inmediatamente después de la educación secundaria.

**Fig 1:** Distribución de estudiantes por género y edad.



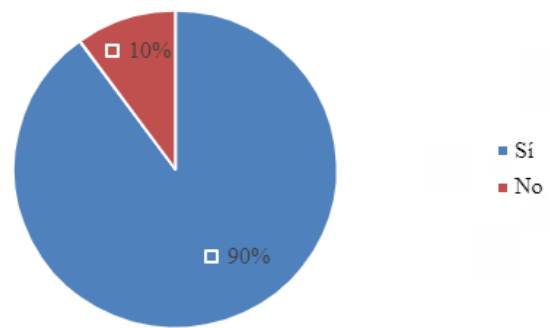
**Fuente:** Elaboración propia

El perfil demográfico es fundamental para interpretar cómo las diferencias en género, edad y elección de carrera pueden influir en las percepciones y expectativas de los estudiantes hacia la IA. Existe una no significativa

(p-valor=0.04) entre el género y el nivel de conocimiento sobre IA entre los estudiantes de primer ingreso en carreras agropecuarias.

En la Figura 2 se muestran los resultados de la primera pregunta del cuestionario, para consultar si los estudiantes habían escuchado hablar de IA antes de ingresar a la universidad, de los que 215 estudiantes (alrededor del 90%) indicaron que sí, y el restante (24 estudiantes) aproximadamente el 10% indicaron que no.

**Fig 2:** Porcentaje de estudiantes que habían escuchado hablar de IA antes de ingresar a la Universidad.



**Fuente:** Elaboración propia

El resultado muestra una alta conciencia previa sobre el tema de la inteligencia artificial entre los estudiantes de primer ingreso, lo que podría sugerir una mayor apertura o un interés inicial en la tecnología de IA y sus aplicaciones, también podría indicar que la IA ya es un tema bastante discutido y presente en la educación previa o en los medios que estos estudiantes consumen. En el contexto de tu estudio, este nivel de conocimiento previo puede influir en cómo los estudiantes comprenden y valoran el potencial de la IA en la agricultura. Además, la familiaridad previa con el concepto de IA podría correlacionarse con actitudes más positivas o expectativas más realistas sobre la integración de la IA en la práctica agrícola.

### Fuentes de información sobre IA

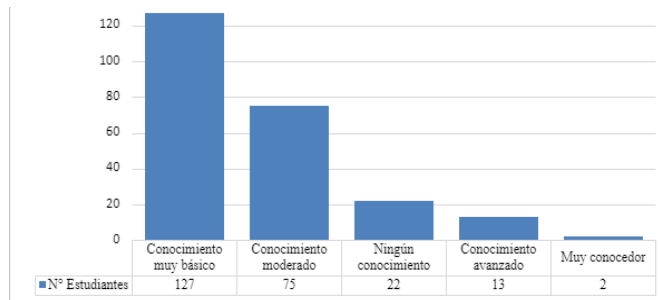
Las principales fuentes donde los estudiantes informan sobre inteligencia artificial son las redes sociales y los amigos, destacando la importancia de estos medios como canales principales de divulgación, lo que podría tener implicaciones significativas en las estrategias de comunicación y educación sobre IA del sector agropecuario. Los datos obtenidos permiten argumentar la necesidad de reforzar la educación formal sobre IA, dada la prevalencia de fuentes no académicas como principales proveedores de información. Asimismo, se podría discutir el desarrollo de estrategias de educación que utilicen redes sociales y plataformas en línea para aumentar el alcance y la efectividad del aprendizaje sobre IA.

### Nivel de Conocimiento sobre IA

Al consultar sobre el nivel de comprensión de la IA, la mayoría de los estudiantes están al tanto de la IA

(Conocimiento muy básico 53,1% y Conocimiento moderado con un 31,4%), existiendo un claro déficit en el nivel de comprensión que podría limitar su capacidad para aplicar la IA de manera efectiva en el futuro. Es notable que la mayoría de los estudiantes tienen un conocimiento superficial, lo que resalta la necesidad de un currículo más robusto que aumente la conciencia sobre la IA y desarrolle habilidades prácticas y críticas para aplicarla en la agricultura (Figura 3). Para Zhao et al. (2021), estos hallazgos sugieren la necesidad de estrategias educativas dirigidas a fortalecer aspectos específicos de la competencia digital.

**Fig 3:** Nivel de conocimiento sobre IA.



**Fuente:** Elaboración propia

Se analizó la relación probabilística entre la edad y el nivel de conocimiento sobre IA utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, donde la prueba de hipótesis arrojó un p-valor=0,7549, lo cual es mayor que 0,05; evidenciándose que la correlación observada no es estadísticamente significativa. Estos hallazgos indican que la edad no es un factor determinante en el nivel de conocimiento sobre IA entre los estudiantes encuestados.

#### Aplicaciones de IA en la producción agropecuaria

Al preguntarle por conocer aplicaciones de IA en la producción agropecuaria, la mayoría (109) dijeron que los más escuchados son los Drones para monitoreo de cultivos, y que muchos estudiantes (96) no han oído hablar de ninguna aplicación (Robots para cosecha, sistemas de irrigación inteligente y análisis predictivo de cultivos). Las respuestas sugieren la necesidad de una divulgación más efectiva y la integración de conocimientos aplicados de IA en la educación agropecuaria. Estos hallazgos podrían argumentar la necesidad de un currículo actualizado que incorpore un enfoque práctico hacia la IA en la agricultura y la importancia de aumentar las oportunidades de aprendizaje experiencial para los estudiantes en este campo.

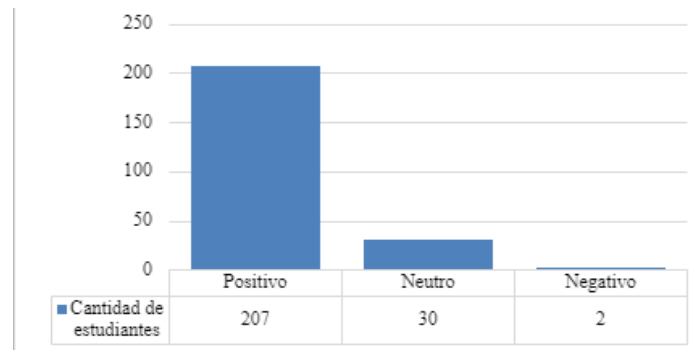
#### Percepciones sobre el impacto de la IA en la producción agropecuaria

La mayoría de los encuestados (207) consideran que la IA tiene el potencial de impactar positivamente la producción agropecuaria (Figura 4), lo que sugiere una actitud optimista hacia la IA y su aplicación en la agricultura,

también sería un signo prometedor para la implementación futura de tecnologías avanzadas en la industria agropecuaria, lo que sugiere facilitar la adopción de innovaciones por parte de los profesionales agropecuarios. Esta percepción positiva puede aumentar la probabilidad de que los estudiantes adopten y se adapten efectivamente a estas tecnologías, lo cual es esencial en la educación y otras áreas donde la IA está empezando a tener un impacto significativo (Chan & Zhou, 2023).

Un número significativo de estudiantes (30) no tienen una opinión formada o desconocen si la IA puede ser beneficiosa para la producción agropecuaria y solo dos estudiantes no creen que la IA tenga un impacto positivo.

**Fig 4:** Percepción del impacto positivo de la IA en la producción agropecuaria.



**Fuente:** Elaboración propia

A mayor nivel de conocimiento sobre IA, los estudiantes tienden a tener una percepción más favorable sobre el impacto positivo de la IA en la producción agropecuaria, evidenciado estadísticamente en la prueba de hipótesis (p-valor=0,04), abonándose una correlación positiva y débil (r=0,19).

Cuando se solicitó las opiniones de los estudiantes respecto a su percepción sobre la capacidad de la IA para mejorar la eficiencia de la producción agropecuaria, una cantidad ligeramente mayor de estudiantes (104) piensa que la IA mejora mucho y 96 estudiantes la mejorará en un grado intermedio. Un grupo de 27 estudiantes no está seguro del impacto de la IA en la eficiencia de la producción agropecuaria, este dato podría indicar la necesidad de una mayor educación y divulgación en este tema. El análisis podría explorar cómo el nivel de conocimiento sobre la IA correlaciona con el optimismo sobre sus aplicaciones prácticas. Los resultados sirven para discutir cómo los programas académicos podrían adaptarse para comprender las aplicaciones y beneficios de la IA en la agricultura, alineando las expectativas estudiantiles con las realidades del campo y preparándolos para contribuir eficazmente a la agricultura tecnológicamente avanzada del futuro.

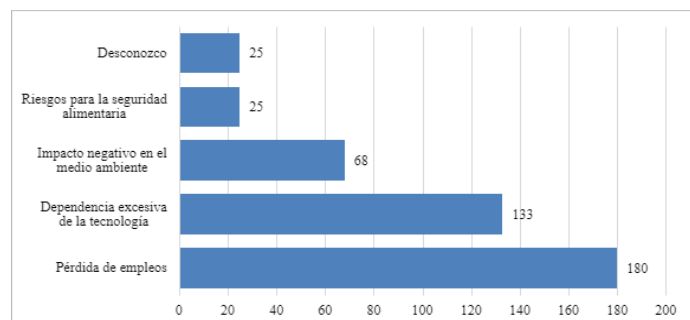
Al analizar las percepciones de los estudiantes sobre los beneficios de la integración de la IA en la producción agropecuaria. Se identifica a la mejora en la productividad como el beneficio principal (148 estudiantes) refleja

un reconocimiento de los impactos directos que la IA puede tener en el rendimiento agrícola. Sin embargo, el reconocimiento significativo de otros beneficios, como la optimización de recursos (94 estudiantes) y la mejora en la calidad del producto (estudiantes 96), muestra una comprensión de que los impactos de la IA en la agricultura son multifacéticos y abarcan más que la eficiencia productiva hasta la reducción de costos con un total de 81 estudiantes para este ítem. Con esta información podría argumentarse que la integración de la IA en la educación agropecuaria no solo debe centrarse en las habilidades técnicas, sino también en cómo estas tecnologías pueden aplicarse para obtener resultados tangibles y mejorar la sostenibilidad de la industria.

### Preocupaciones sobre el uso de IA

Al consultar sobre las preocupaciones de los estudiantes sobre el uso de la IA en la producción agropecuaria, 180 estudiantes identificaron a la pérdida de empleos como el principal punto, esto refleja un temor común ante la automatización y cómo puede cambiar el mercado laboral. Según la IA, la dependencia tecnológica y el impacto ambiental son aspectos importantes que deben ser considerados y gestionados cuidadosamente según la industria avanza hacia la adopción. Estas respuestas pueden usarse para discutir la necesidad de abordar las preocupaciones de los futuros profesionales agropecuarios respecto a la IA (Figura 5).

**Fig 5:** Preocupaciones sobre el uso de IA en las ciencias agropecuarias.



**Fuente:** Elaboración propia

Las mismas preocupaciones las confirman Alpizar-Garrido & Martínez-Ruiz (2024), los cuales indican que los estudiantes valoran positivamente el uso de la IA, sin embargo, existen desventajas asociadas con su implementación como: Dependencia excesiva de las tecnologías y riesgos de seguridad, además, adiciona desigualdad de acceso, costos y recursos, entre otros. Para Arana (2021) los estudiantes tienen una visión mixta sobre el uso de la IA en la educación; mientras valoran los beneficios de la IA, también expresan preocupaciones sobre su impacto en la educación y la interacción con los humanos.

Se analizó la relación probabilística entre el nivel de conocimiento sobre IA y la cantidad de preocupaciones sobre su uso en la producción agropecuaria, mediante

el coeficiente de correlación de Pearson ( $p$ -valor=0,288) evidenciándose que no se presenta dependencia entre ambas variables, aunque se obtuvo un  $r$  de Pearson con signo positivo, aunque bajo (0,07).

Los resultados destacan la necesidad de educación adicional para abordar las incertidumbres y preparar adecuadamente a los estudiantes para los desafíos éticos y prácticos que conlleva la implementación de IA en la agricultura. Este análisis sirve para argumentar la importancia de incluir una discusión sobre el impacto social de la tecnología en el currículo, así como la necesidad de políticas que mitiguen las preocupaciones identificadas.

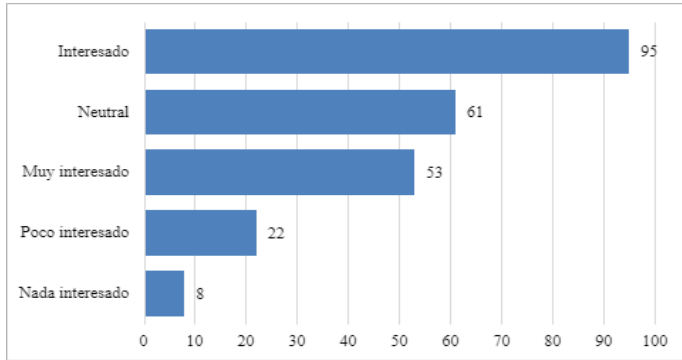
### Interés en cursos específicos de IA

Un número significativo de estudiantes (97), no está seguro de si su formación actual es suficiente para comprender y aplicar la IA en la producción agropecuaria. Esta incertidumbre puede ser indicativa de una falta de claridad en los objetivos de aprendizaje del programa, o de la necesidad de una comunicación más efectiva sobre el valor y la relevancia de la IA en el sector agropecuario. Estos hallazgos indican la necesidad de una revisión curricular que incorpore más contenidos sobre IA en los programas, sugiere la importancia de informar y educar a los estudiantes sobre cómo se puede aplicar la IA en su campo, asegurando que comprendan las habilidades técnicas requeridas y los posibles impactos y beneficios de su uso.

La gran cantidad de estudiantes que desconocen la suficiencia de su formación podría interpretarse como una oportunidad para las universidades de realzar su oferta educativa y de formación profesional, adaptándola a las exigencias del mercado laboral moderno y a las innovaciones tecnológicas en la industria. Este aspecto del estudio también podría ser un punto de partida para discutir cómo mejorar los programas académicos para incluir capacitación práctica en IA, así como la necesidad de colaboraciones entre universidades y el sector agropecuario para garantizar que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos de IA de manera efectiva y beneficiosa en el contexto real de su trabajo futuro.

En la Figura 6 se evidencia que la mayoría de estudiantes (202) consideran importante que la universidad ofrezca cursos específicos de IA aplicados a su carrera. Lo que confirma (Zhao et al., 2021) en su estudio, que indica que las universidades no solo podrían implementar en sus programas competencias digitales básicas, sino que también ofrezcan formación avanzada conforme avancen en sus carreras académicas. Esto indica un reconocimiento significativo de la relevancia de la IA y la necesidad de su inclusión de manera formal en su educación. Solo 10 estudiantes no consideran importante la oferta de cursos específicos de IA en su carrera, y 27 no están seguros de su aplicabilidad, lo que puede reflejar una falta de conocimiento sobre qué podría implicar dicha formación o cómo podría beneficiar su educación y futuro profesional.

**Fig 6:** Interés de los estudiantes en cursos específicos de IA aplicados a la carrera que cursa.



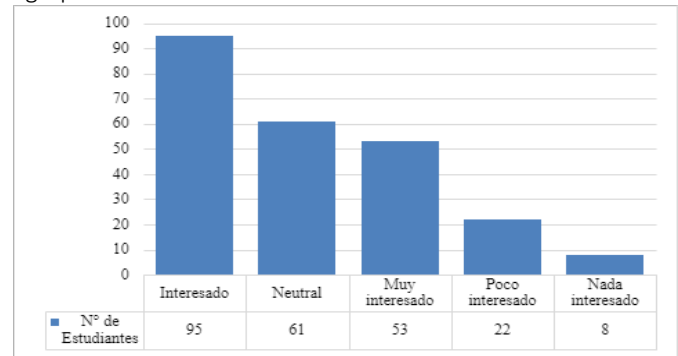
**Fuente:** Elaboración propia

Los datos sugieren un interés claro y una demanda estudiantil por una educación que integre la IA dentro de su campo de estudio. Esto justifica la argumentación para desarrollar e implementar un currículo más sólido que aborde cómo la IA puede usarse en la producción agropecuaria, respondiendo a las expectativas de los estudiantes y preparándolos mejor para los cambios en el mercado laboral. Para Alpizar-Garrido & Martínez-Ruiz (2024) los estudiantes muestran un interés significativo en el uso de la inteligencia artificial en su aprendizaje, el 64,4% considera que las herramientas de inteligencia artificial están siendo ya sea importantes o muy importantes en la personalización de sus necesidades individuales de aprendizaje.

Además, la respuesta podría reflejar la percepción de los estudiantes de que la IA será crítica para su éxito profesional y la sostenibilidad a largo plazo del sector agropecuario. El hecho de que la mayoría de los estudiantes valore estos cursos especializados indica una oportunidad para las instituciones educativas de liderar en la innovación curricular y formar a los líderes del mañana en el uso de tecnologías avanzadas. El número de estudiantes que desconoce la importancia de estos cursos puede motivar a las universidades a mejorar la comunicación sobre los beneficios y aplicaciones prácticas de la IA en la producción agropecuaria.

Un 22,2% de los estudiantes están muy interesados en aprender sobre IA aplicada a la producción agropecuaria y un 40% interesados (Figura 7), lo que indica entusiasmo y reconocimiento del valor que la IA aportaría a su carrera en producción agropecuaria. Solo un 12,5% están entre "nada interesado" y "poco interesado" en aprender sobre IA en el sector agropecuario, lo cual puede deberse a la falta de información sobre cómo la IA puede ser relevante para sus estudios o futura carrera profesional. El 25,5% de los estudiantes se posicionan de manera neutral, lo que indica que podrían estar abiertos a aprender más sobre la materia.

**Fig 7.-** Interés en Aprender sobre IA Aplicada a las ciencias agropecuarias.



**Fuente:** Elaboración propia

Se analizó la relación probabilística entre la edad y el nivel de interés en aprender sobre inteligencia artificial (IA) aplicado a la producción agropecuaria, mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $p$ -valor=0,439) evidenciándose que no se presenta dependencia entre ambas variables, aunque se obtuvo un  $r$  de Pearson con signo positivo, aunque bajo (0,06).

La distribución de respuestas sugiere que, aunque una minoría puede no ver la relevancia de la IA para su campo, la mayoría tiene interés, con muchos estudiantes que muestran entusiasmo. Esto podría ser un argumento fuerte para la inclusión y expansión de contenidos relacionados con la IA en los programas de estudio agropecuario, enfatizando la necesidad de proporcionar a los estudiantes las herramientas y conocimientos para prosperar en un sector cada vez más tecnológico y orientado hacia la sostenibilidad. La educación y la capacitación son fundamentales para la adopción efectiva de tecnologías de IA en la agricultura, ya que equipan a los agricultores y técnicos con el conocimiento necesario para operar tecnologías avanzadas, interpretar datos de IA y tomar decisiones informadas que maximicen los beneficios de estas herramientas (Cavalcante de Oliveira & Souza, 2023).

La información obtenida, también indica la oportunidad de fomentar una mayor apreciación del papel de la IA mediante la educación y demostraciones prácticas de su aplicación en la agropecuaria. Esto podría incluir talleres, cursos electivos especializados, y proyectos de colaboración con la industria que demuestren el impacto tangible de la IA en el sector agropecuario y preparen a los estudiantes para ser los innovadores y líderes del futuro en este campo.

## Conclusiones

La mayoría de los estudiantes perciben la IA como una fuerza potencialmente positiva para la innovación en la agricultura, destacando su capacidad para mejorar la productividad y la calidad de los productos. Existe una preocupación palpable entre los estudiantes sobre la pérdida de empleos tradicionales, lo que subraya la necesidad de

políticas de transición que ofrezcan formación y reconversión profesional en el contexto de una industria agrícola cada vez más tecnificada. Los estudiantes demandan con fuerza que las instituciones educativas ofrezcan formación especializada en IA. Este estudio revela una brecha entre la oferta educativa actual y las necesidades percibidas de los estudiantes. Mientras que muchos estudiantes muestran interés y entusiasmo por la IA, un grupo no despreciable se muestra neutral o desinteresado, lo que puede indicar la necesidad de estrategias de enseñanza que aumenten el interés y la relevancia percibida de la IA en la agricultura.

La indecisión sobre si los programas de estudios actuales ofrecen formación suficiente en IA sugiere que las universidades deben comunicar mejor la importancia y la utilidad de la IA, así como adaptar sus currículos a los requerimientos del mercado laboral moderno. Las respuestas de los estudiantes reflejan un deseo de que la IA se utilice como una herramienta de apoyo, pero que no reemplace el ingenio humano ni la capacidad de toma de decisiones basada en la experiencia. Los resultados indican la importancia de desarrollar estrategias educativas y de política pública que garanticen una transición inclusiva y justa hacia una mayor automatización en el sector agropecuario, considerando tanto las oportunidades como los desafíos éticos y laborales.

Se sugiere la importancia de las alianzas entre universidades, industria y gobiernos para asegurar que los programas de estudio en IA y su aplicación práctica en la agricultura sean relevantes, actualizados y centrados en el estudiante.

## Referencias bibliográficas

- Alpizar-Garrido, L., & Martínez-Ruiz, H. (2024). Perspectiva de estudiantes de nivel medio superior respecto al uso de la inteligencia artificial generativa en su aprendizaje. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 14(28). <https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1830>
- Arana, C. (2021). Vista de Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación: Logros, Tendencias y Perspectivas. *Revista Argentina de Ciencia y Tecnología. Revista Argentina De Ciencia Y Tecnología*, 1(7). <https://revistas.untref.edu.ar/index.php/innova/article/view/1107>
- Balasundram, S. K., Shamshiri, R. R., Sridhara, S., & Rizan, N. (2023). The Role of Digital Agriculture in Mitigating Climate Change and Ensuring Food Security: An Overview. *Sustainability 2023*, Vol. 15, Page 5325, 15(6), 5325. <https://doi.org/10.3390/SU15065325>
- Cavalcante de Oliveira, R., & Souza e Silva, R. D. (2023). Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app13137405>

- Chan, C. K., & Zhou, W. (2023). *Deconstructing Student Perceptions of Generative AI (GenAI) through an Expectancy Value Theory (EVT)-based Instrument*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.01186>
- Magallanes-Ronquillo, K. K., Mora-Rodríguez, A. J., Aguas-Veloz, J. F., & Plúas-Pérez, L. del R. (2023). La inteligencia artificial aplicada en la innovación educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje. *LAT-AM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.706>
- Mark, R. (2019). Ethics of Using AI and Big Data in Agriculture: The Case of a Large Agriculture Multinational. *The ORBIT Journal*, 2(2), 1–27. <https://doi.org/10.29297/ORBIT.V2i2.109>
- Ullo, S. L., Sinha, G. R., Bacco, M., Gotta, A., Cassarà, P., & Agbinya, J. I. (2021). Advances in IoT and Smart Sensors for Remote Sensing and Agriculture Applications. *Remote Sensing 2021*, Vol. 13, Page 2585, 13(13), 2585. <https://doi.org/10.3390/RS13132585>
- Vermeulen, B., Kesselhut, J., Pyka, A., & Saviotti, P. P. (2018). The Impact of Automation on Employment: Just the Usual Structural Change? *Sustainability 2018*, Vol. 10, Page 1661, 10(5), 1661. <https://doi.org/10.3390/SU10051661>
- Zhao, Y., Sánchez Gómez, M. C., Pinto Llorente, A. M., & Zhao, L. (2021). Digital competence in higher education: Students' perception and personal factors. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132112184>

## Las costras biológicas del suelo y su función medioambiental. Experiencia en Cienfuegos. Cuba

Biological soil crusts and their environmental function. Experience in Cienfuegos. Cuba

Orlando Gualberto Rodríguez del Rey Piña<sup>1</sup>

E-mail: [ogrodriguez@ucf.edu.cu](mailto:ogrodriguez@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6895-4458>

Aida Margarita Romero Jiménez<sup>1</sup>

E-mail: [mromero@ucf.edu.cu](mailto:mromero@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2550-6983>

Caridad Josefa Rivero Casanova<sup>1</sup>

E-mail: [cjrivero@ucf.edu.cu](mailto:cjrivero@ucf.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7864-4354>

<sup>1</sup> Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.Cuba.

\*Autor para la correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez del Rey Piña, O. G., Romero Jiménez, A. M.y Rivero Casanova, C. J. (2024). Las costras biológicas del suelo y su función medioambiental. Experiencia en Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 127-137. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### Resumen

El descubrimiento de la agricultura dio inicio a la vida civilizada, y enfrentó al hombre con otras manifestaciones importantes del mundo microbiano. En este sentido, las costras biológicas del suelo (CBS), están cobrando una mirada alternativa. El presente trabajo tiene como objetivo revisar la información actualizada sobre las características morfológicas e impacto ambiental de las CBS. Se trata de un estudio teórico-lógico. Las CBS son asociaciones simbióticas, entre cianobacterias, líquenes y musgos. Las cianobacterias ocupan un lugar especial, ya que se relacionan con la producción de oxígeno, además de estar vinculadas con el desarrollo filogenético de las demás especies. El metabolismo fotoautotrófico de las cianobacterias y la presencia en algunas especies de la enzima nitrogenasa, permite reducir el nitrógeno atmosférico e incorporarlo en forma de amonio al suelo. Y dentro de las funciones ambientales de las CBS se encuentra por ejemplo que, en su hábitat natural, proporciona una mejora gradual de las propiedades físico-químicas de los suelos degradados por el impacto ambiental o por el factor antrópico. Por lo que actualmente se realizan estudios para utilizar las CBS como inóculos, o también mezclados con abonos orgánicos. Este trabajo resulta una novedad científica, llena el vacío del conocimiento, toda vez que instruye y permite el diseño de nuevas estrategias para utilizar las CBS en la restauración de los suelos, revertiendo la pérdida de la productividad y condicionando una mejora en la biodiversidad ecológica.

### Palabras clave:

Costras Biológicas, Morfológicas, Simbióticas, Fotoautótrofos, Biodiversidad ecológica.

### Abstract

The discovery of agriculture gave rise to civilized life and brought man face-to-face with other important manifestations of the microbial world. In this sense, biological soil crusts (CBS) are gaining an alternative perspective. This work aims to review the updated information on the morphophysiological characteristics and environmental impact of CBS. This is a theoretical-logical study. CBS are symbiotic associations between cyanobacteria, lichens, and mosses. Cyanobacteria occupy a special place, since they are related to the production of oxygen, in addition to being linked to the phylogenetic development of other species. The photoautotrophic metabolism of cyanobacteria and the presence of the enzyme nitrogenase in some species allow atmospheric nitrogen to be reduced and incorporated into the soil in the form of ammonium. Within the environmental functions of the CBS it is found, for example, that in its natural habitat, it provides a gradual improvement of the physical-chemical properties of soils degraded by environmental impact or by the anthropic factor. Therefore, studies are currently being carried out to use CBS as inoculums, or also mixed with organic fertilizers. This work is a scientific novelty, it fills the knowledge gap since it instructs and allows the design of new strategies to use CBS in soil restoration, reversing the loss of productivity and conditioning an improvement in ecological biodiversity.

### Keywords:

Biological scabs, Morphological, Symbiotic, Photoautotrophs, Ecological biodiversity.

## Introducción

La agricultura dio inicio a la vida civilizada hace unos 10, 000 años, y enfrentó al hombre con otras manifestaciones importantes del mundo microbiano. Muy pronto el ser humano, entendió que el estiércol y los residuos orgánicos enriquecían el suelo; después encontró que la siembra de ciertas especies como el frijol y la soya tenían efecto parecido. Según Mazoyer y Laurence (2002) el abonamiento con estiércol y orina y la siembra de leguminosas como abono verde, practicados por los agricultores romanos hace más de dos mil años, así como la práctica de cultivos asociados de frijol y maíz, que data posiblemente de las épocas precolombinas, constituyen expresiones antiguas del dominio relativo, pero ciego, sobre las fuerzas microbianas, entonces desconocidas.

Sin embargo, en el suelo, también existen otros grupos de organismos, cuya riqueza específica ha sido poco estudiada, por lo que no se cuenta con suficiente información sobre su importancia en el funcionamiento de estos ecosistemas. Algunos de ellos las bacterias heterótrofas y autótrofas (cianobacterias), algas, hongos, líquenes y briófitas. Comúnmente estos microorganismos viven asociados conformando comunidades que pueden desarrollarse en las capas superficiales del suelo o bien sobre éste. A estas comunidades se las conoce como costra biológica del suelo (CBS). Son organismos muy resistentes a las altas y bajas temperaturas, a largos períodos de desecación y excesiva radiación, respondiendo rápidamente a los cambios momentáneos de las condiciones microambientales (Lange *et al.*, 2001).

La importancia de estos organismos radica en el hecho de que se vuelven metabólicamente activos cuando se humedecen, comenzando sus funciones metabólicas casi instantáneamente. La respiración puede comenzar en un tiempo menor a los 3 minutos luego de ser humedecidos, mientras que la fotosíntesis alcanza su actividad completa luego de 30 minutos o más. Esta rápida respuesta microbiana a la humedad incidente del suelo, a menudo resulta en casi una instantánea mineralización de nutrientes como carbono y nitrógeno. Existen evidencias claras sobre el aporte de estas comunidades a la fertilidad y estabilidad del suelo. Primero, especies de bacterias autótrofas y heterótrofas al poseer la enzima nitrógenasa, participan en el ciclo del Nitrógeno (N), realizando fijación del nitrógeno atmosférico.

En las condiciones actuales donde la demanda de alimentos crece cada día, al tiempo, aumenta la población mundial, pudieran ser las costras biológicas del suelo una solución técnicamente posible, para obtener cultivos en zonas desbastadas por el cambio climático y por

la acción antrópica, por lo que el objetivo de este estudio, es profundizar en las características de los microorganismos que componen las CBS, y argumentar su contribución práctica, en función de la biodiversidad y fertilidad de los suelos.

## Materiales y métodos

El escenario donde se llevó este trabajo fue en el Departamento de Medicina Veterinaria de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. Se trata de un estudio de revisión, descriptivo sobre las Costras Biológicas del Suelo (CBS). Y para una mayor universalidad y objetividad, se analizaron diferentes materiales bibliográficos. Fueron consultadas fuentes primarias (libros), secundarias (revistas), además de artículos originales indexados, fundamentalmente en las plataformas bibliográficas Scopus, y SciELO, procedentes de revistas universales especializadas en el tema.

Para la ejecución de este trabajo, se escogió el método teórico histórico-lógico, y empírico del conocimiento, realizando consultas y análisis de los documentos relacionados. Los resultados fueron organizados en forma de epígrafes, dándole respuesta a los objetivos del trabajo. En anexos aparecen también figuras, que sirven como complemento referencial en la descripción morfológica de las costras biológicas del suelo.

## Desarrollo

### *Composición de las costras biológicas del suelo y dominancia ecológica*

De acuerdo a Maroto *et al.* (2023. b) las costras biológicas, generalmente pueden encontrarse junto a otros organismos del suelo, formando un conglomerado, entre los que se encuentran, hongos, microalgas, líquenes costrosos, organismos pluricelulares, microartrópodos, cianobacterias y musgos. Sin embargo, al menos cuatro tipos de CBS han sido diferenciados por su textura, coloración y grupo taxonómico dominante, entre las que se encuentran: CBS lisa y clara con dominancia de cianobacterias, CBS lisa y oscura con dominancia de cianobacterias, CBS foliácea verde claro con dominancia de líquenes, CBS rugosa con dominancia de musgos y materia orgánica muerta.

La dominancia de las costras biológicas, está determinada por el organismo que cohabita en mayor proporción y que se distingue por su apariencia y tipología en la estructura morfológica de la costra biológica. Existen 5 tipos básicos, la dominancia por líquenes (Figura.1), que son asociaciones simbióticas entre un alga y un hongo, cianolíquenes, que resulta de la asociación entre una cianobacteria y un hongo. También se existe la dominancia por musgos (Figura. 2), por algas verdes, y por último la dominancia por cianobacterias (Figura. 3), que es la más común e importante desde el punto de vista ecológico y



medioambiental, por la utilidad que reviste para la fertilidad de los suelos degradados.

**Fig. .1.** Costras biológicas del suelo dominadas por líquenes.



Fuente: <http://www.google.com.cu>

**Fig.2.** Costras biológicas del suelo dominadas por musgos.



Fuente: Elaboración propia. Laboratorio Docente. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

**Fig. .3.** Costras biológicas del suelo dominadas por cianobacterias.



Fuente: Elaboración propia. Laboratorio Docente. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

La clasificación de las costras biológicas del suelo, suele hacerse, según el grupo de organismos dominantes, aunque la presencia de uno u otro tipo de CBS no excluye necesariamente a otro, es decir, aunque la clasificación se realice en base al grupo dominante, en la mayoría de los casos se trata de una combinación de los mismos, tanto de líquenes como musgos y cianobacterias que viven asociados, siendo más frecuentes algunas combinaciones por sobre otras. Las tipologías más frecuentes de CBS son de musgos, líquenes, cianobacterias, y de algas

verdes. Esta última, aunque puede no ser fácilmente observable, tiene una gran importancia ecológica, ya que protege los suelos de zonas dunares de la acción erosiva, contribuyendo a su fijación.

#### *Componentes de las CBS. Las cianobacterias y la historia de la Tierra*

Las cianobacterias fueron los principales productores primarios de la biosfera durante al menos 1.500 millones de años, y lo siguen siendo en los océanos, aunque desde hace 300 millones de años han cobrado importancia distintos grupos de algas eucarióticas (las diatomeas, los dinoflagelados y los haptófitos o cocolitofóridos). Lo más importante, es que a través de la fotosíntesis oxigénica, inundaron la atmósfera de  $O_2$  hace 2.500 millones de años, y siguen siendo las cianobacterias los principales suministradores de nitrógeno para las cadenas tróficas de los mares.

La capacidad de usar el agua como donador de electrones en la fotosíntesis evolucionó una sola vez en el antepasado común de todas las cianobacterias. Los datos geológicos indican que este fundamental evento tuvo lugar en un momento temprano de la historia de la Tierra, hace al menos 2.450-2.320 millones de años y probablemente mucho antes. Hay evidencias de que la vida existía hace 3.500 millones de años, pero la cuestión de cuándo evolucionó la fotosíntesis oxigénica sigue siendo motivo de debate e investigación. Se tienen claras evidencias que hace unos 2.000 millones de años, existía ya una biota diversa de cianobacterias, que fueron los principales productores primarios durante el periodo Proterozoico (2.500-543 millones de años atrás), en parte porque la estructura química redox de los océanos favoreció a los fotoautótrofos y la fijación del nitrógeno. Al final del Proterozoico, se les unieron las algas verdes, pero no fue hasta el Mesozoico (251-65 millones de años) que la radiación de los dinoflagelados, cocolitoforales y diatomeas, restaron parte del protagonismo a las cianobacterias. En la actualidad, las cianobacterias son aún claves en los ecosistemas marinos como productores primarios y como agentes fijadores de nitrógeno.

#### *Origen evolutivo de las cianobacterias y relaciones filogenéticas con otros organismos*

En la tierra primitiva, no existía la capa de ozono y la radiación ultravioleta llegaba directamente a la superficie terrestre, después, gradualmente en el tiempo, surgieron formas particulares de vida, capaces de soportar las altas temperaturas y la falta de oxígeno, apareciendo entonces las cianobacterias, que se encontraban en rocas, al borde de los mares, hace unos 3 500 millones de años.

Estas bacterias, desempeñaron funciones importantes en los procesos geoquímicos y de la cadena alimenticia.

El análisis filogenético indica que el acervo enzimático, adenilil ciclasa (AC) y guanilil ciclasa (GC) en las cianobacterias, es el resultado de duplicaciones y deleciones genéticas, de fusiones y fisiones de genes y de mutaciones puntuales en el centro activo que han convertido algunas AC en GC. Como consecuencia, es frecuente observar diferentes isoformas de AC así como el centro catalítico de estos enzimas formando parte del extremo carboxilo terminal en arquitecturas moleculares muy diferentes, entre las que se observan polipéptidos multienzimáticos. Por lo que los resultados presentados sugieren que las cianobacterias son los microorganismos más simples, y que sirven como modelo experimental para estudiar la complejidad del sistema que constituyen las rutas de señalización dependientes de nucleótidos cíclicos en los seres vivos.

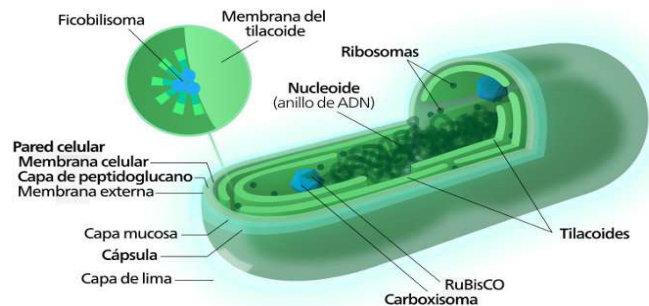
De acuerdo a Domínguez *et al.* (2018), las cianobacterias nacientes (procariotas) se agruparon en colonias (estromatolitos), poblaron los mares, liberaron oxígeno que enriquecía la atmósfera. Surge, entonces, la membrana celular que permitió la protección ambiental ante los fenómenos físico-químico imperantes. Ocurre, entonces, la transformación de las células procariotas en eucariotas hace aproximadamente unos 2 200 millones de años, mediante procesos simbiogénicos.

El más conocido y plenamente demostrado es la simbiogénesis por endosimbiosis seriada, que ocurrió en el período proterozoico, mediante el cual las células eucariotas adquirieron distintos simbioses procariotas y se formaron las mitocondrias en los animales y los cloroplastos en las plantas. Estas adquisiciones de genomas completos característicos de los procesos simbiogénicos fueron los responsables de la aparición de la propia célula eucariota (Eucariogénesis). Ese proceso evolutivo, fue descrito por Lynn Margulis en 1967, y considerado en su libro Planeta Simbiótico en el 2002. En esta etapa se estima, hayan surgido también las algas, hace unos 1 800 millones de años y los hongos, 1 200 millones de años.

#### Ultraestructura y funciones en las cianobacterias

La envoltura de las cianobacterias, está constituida, como en todas las bacterias gramnegativas, por una membrana plasmática y una membrana externa, situándose entre ambas una pared de mureína (peptidoglucano). La pared celular le brinda protección, forma y propiedades tintoriales a la bacteria, la membrana citoplasmática, le brinda permeabilidad selectiva, y el ADN bacteriano es el material genético, de forma circular, necesario para la reproducción, que lo hacen por fisión binaria las cianobacterias unicelulares o por fragmentación las de tipo filamentosas (Delgado *et al.*, 2018). (Figura. 4).

Fig. 4. Ultraestructura de una cianobacteria.



Fuente: <http://www.google.com.cu>

Según Álvarez (2022) en el citoplasma de estos microorganismos, es donde se realiza el metabolismo energético, contienen gránulos de cianoficina, glucógeno, y polifosfato para la formación de endosporas. Presentar estructuras reconocibles como los carboxisomas, que son corpúsculos que contienen la enzima ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa ( RuBisCO ), que realiza la fijación del CO<sub>2</sub>, mediante un pigmento proteínico llamado cianoficina que absorbe el color azul. También en el citoplasma se encuentran las vesículas gasíferas, formadas por invaginación de la membrana plasmática con la que suelen conservar el movimiento, comunicación o contacto, y también para cambiar su flotabilidad según requieran migrar a zonas de mayor o menor luz. Este comportamiento es típico de las cianobacterias que forman parte de la columna de agua.

Leong y Curren (2018), utilizando medios analíticos más sofisticados, reconocieron agregados moleculares como ribosomas, microtúbulos (no homólogos de los eucarióticos). Observaron que la membrana plasmática forma invaginaciones donde se ubica el aparato molecular encargado de la fotosíntesis. Y la membrana tilacoidal, contiene los pigmentos para realizar la fotosíntesis, mediante las reacciones fotoquímicas que ocurren en el fotosistema I P 700, y en el fotosistema II P 680.

#### Descripción de los sistemas de clasificación actual de las cianobacterias

Entre los sistemas más utilizados para clasificar a las cianobacterias se encuentran cuatro propuestas diferentes, realizado la misma en base a las características de los órdenes que agrupan los diferentes géneros. Estas clasificaciones son las siguientes: Clasificación de Bourrelly (1970). Clasificando 5 órdenes: orden **Chrorococcales**, como células unicelulares o agrupadas en una matriz gelatinosa, y con multiplicación por fisión binaria. Dentro de esta clasificación también se encuentra el **orden Chamaesiphonales** como células epifitas con talo. Orden Pleurocapsales como células unicelulares, formando talo, que se asemejan a un pseudoparénquima, rara vez presentan acinetos, y se multiplican por fisión binaria. Orden Nostocales (*Anabaena sp*) que presentan heterocistes y acinetos, sin ramificación verdadera, y con filamentos

simples, por ejemplo, el género *Anabaena*. Y por último el orden Stigonematales, que presentan ramificación verdadera con tricomas (filamentos), formando heterocistes y acinetos.

La clasificación de Whitto - Potts (2000) y Castenholz – Waterbury (1989), agrupan a las cianobacterias en no filamentosas y filamentosas. La forma no filamentosa, está representada por los órdenes Chroococcales, que son células unicelulares o agregadas con una matriz gelatinosa por fuera de la pared. También el orden Pleurocapsales, que agrupa las cianobacterias unicelulares o formando talo que se asemejan a un pseudoparénquima, y que raramente forman acinetos. Y las formas filamentosas, está representada por los órdenes Oscillatoriales, que presentan tricomas sin heterocistes, y con ramificaciones. El orden Nostocales, con presencia de heterocistes y acinetos. El orden Stigonematales, donde el tricoma presenta heterocistes y acinetos, con ramificación verdadera.

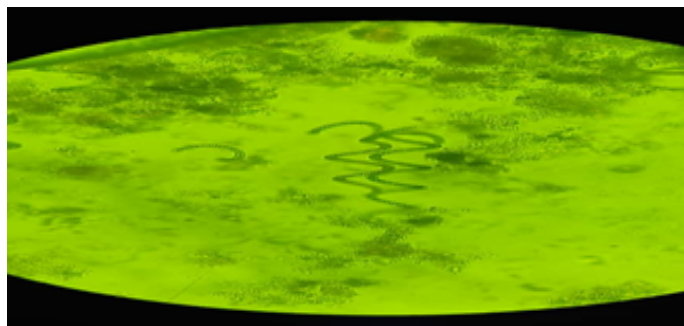
Por su parte la clasificación de Komarek et. al. (2003 y 2005), agrupa a los órdenes Chroococcales, que pueden ser unicelulares o coloniales. Orden Oscillatoriales, donde el tricoma tiene heterocistes y con falsas ramificaciones. Y por último el orden Nostocales, que presentan heterocistes y acinetos, con ramificación verdadera. Las cianobacterias del orden Chroococcales, son células unicelulares o coloniales, incluidos en una matriz gelatinosa. Las que se ubican en el orden Oscillatoriales, son filamentosas. Y por último en el orden Nostocales, se encuentran las que son filamentosas con heterocistes (ejemplo *Anabaena*).

#### **Morfología y células especializadas en las cianobacterias**

Las cianobacterias, son el componente principal simbiótico de las costras biológicas del suelo, ya que provee de sustancias hidrocarbonadas y nitrógeno al resto de los organismos que componen las CBS, mayormente a los hongos. Son llamadas también algas verdeazules, debido a la presencia de pigmentos clorofílicos que le confieren ese tono característico, similar con la morfología y el funcionamiento de las algas, miden sólo unos micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro, pero son más grandes que la mayoría de las otras bacterias procariontas.

Mientras que muchas especies de cianobacterias son unicelulares, otras forman filamentos multicelulares denominados tricomas (Figura 5). En algunas especies los tricomas forman grupos que se albergan en una cápsula mucilaginosa denominada nódulo, aunque la mayoría de los nódulos tienen formas redondeadas, algunas especies forman estructuras foliares. Al dividirse las células que componen las cianobacterias multicelulares pueden formar, además de filamentos (que pueden ser lineales o ramificados), arreglos cuadrados de células o tridimensionales en formas de cubos y esferas. Entre las células de los filamentos existen estructuras de comunicación llamadas microplasmodesmos.

**Fig. 5.** Cianobacteria. Orden Oscillatoriales.



**Fuente:** Elaboración propia. Laboratorio docente. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Observada .40 X

Estas bacterias, pueden encontrarse de forma unicelular, agrupadas en colonias o formando filamentos, características que las distinguen del grupo procarionta. Las más comunes son unicelulares cocoides (esferoidales), a veces agregadas en una cápsula mucilaginosa, o formando filamentos simples. Los filamentos pueden aparecer agregados en haces, envueltos por mucilago, o de una manera que aparenta ramificación. Existen además cianobacterias que forman filamentos con ramificación verdadera. Las cianobacterias contradicen, como las mixobacterias, el prejuicio según el cual los procariontes no son nunca genuinamente pluricelulares.

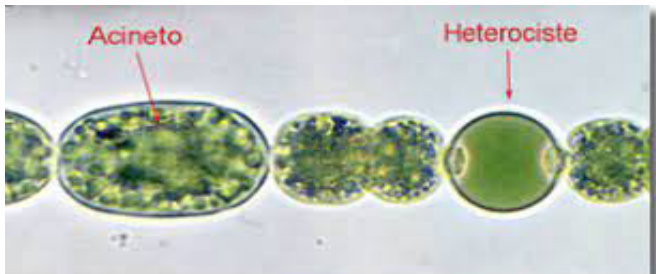
Dentro de las células especializadas se encuentran los heterocistes, que son células de mayor tamaño intercaladas en los filamentos, de pared gruesa y tiene celulosa, estas células están encargadas de la fijación de Nitrógeno (anexos, Figura. 4). Recientemente se ha confirmado que su pared presenta celulosa, el polímero más abundante en las paredes celulares de las plantas. Los heterocistes contienen la maquinaria de fijación del nitrógeno, proceso que es relativamente incompatible con la fotosíntesis. Contienen la enzima nitrogenasa para reducir el nitrógeno atmosférico en amonio, y es típico en los géneros *Anabaena*, *Nostoc*, y *Cytonema* (Tandeau de Marsac, 2004).

Entre las funciones fundamentales de los heterocistes (presentes en Nostocales), se encuentran la de producir tres paredes celulares adicionales, una de glucolípidos, que forma una barrera hidrofóbica para la difusión del oxígeno, producir nitrogenasa y otras proteínas involucradas en la fijación del nitrógeno, y para degradar el fotosistema II, que produce oxígeno, el cual es incompatible con la fotosíntesis, ya que el oxígeno inhibe a la nitrogenasa. También aumentar la regulación de las enzimas glucolíticas para la formación de glucógeno cianofíceo, producir proteínas para la eliminación del oxígeno residual, y ralentizar la difusión y comunicación celular, por medio de tapones polares compuestos por ficocianinas.

Los acinetos, al igual que los heterocistes son más grandes y de pared gruesa, acumulan cianoficina como sustancia de reserva, pueden soportar condiciones

difíciles, porque tienen el metabolismo muy lento, a veces con pequeñas protuberancias; poseen un citoplasma granuloso debido a la acumulación de gran cantidad de cianoficina como sustancia de reserva (Figura. 6). Entre la pared y las capas mucilaginosas segregan una nueva capa fibrosa. Tienen un metabolismo reducido y soportan condiciones de vida desfavorables. Funcionan como una endospora, brindándole a la bacteria resistencia al medio ante la desecación, y es común en los géneros *Westiella sp.*, que secretan al medio cianoficina y glucógeno.

**Fig. 6.** Células especializadas de las cianobacterias: Acinetos y heterocistes.



Fuente: <http://www.google.com.cu>

También algunos géneros de cianobacterias producen filamentos móviles, llamados hormogonios (Figura. 7), que son formas de dispersión reproductiva, y también para el establecimiento de simbiosis con plantas, la formación de hormogonios puede ser estimulada por un déficit de Nitrógeno. Generalmente presentes en los géneros Stigonematales, y Nostocales. Se forman en los extremos apicales de los tricomas (filamentos), bajo condiciones ricas en fósforo, pudiendo tener vacuolas de gas.

**Fig.7.** Células especializadas de las cianobacterias: Hormogonios.



Fuente: <http://www.google.com.cu>

Igualmente algunas cianobacterias secretan biopelículas o mucilagos, que son polisacáridos que permiten la atracción entre las células de cianobacterias para la flotación (Galindo-Alcázar, 2018), observado en cepas de *Pseudanabaena sp.* También estas bacterias contienen pigmentos clorofílicos, en una estructura llamada tilacoides, además de ficobilinas, las cuales pueden ser de dos tipos, según la longitud de onda que absorbe, la ficocianina el azul, y la ficoeritrina el color rojo.

### Nutrición y metabolismo de las cianobacterias

Las cianobacterias que desarrollan la nutrición fotoautotrófica, obtienen el carbono, mediante la reducción del dióxido de carbono atmosférico, convirtiendo este compuesto en glucógeno. Otras, pueden reducir el nitrógeno molecular gaseoso ( $N_2$ ), en ausencia de luz, hasta amonio ( $NH_4^+$ ), que después es utilizado por otros organismos. Para estos procesos no requieren vitaminas. Mientras las que desarrollan la nutrición fotoheterotrófica, pueden utilizar los compuestos orgánicos, como el acetato y glucosa, en presencia de luz como fuente de carbono.

El proceso de la fotosíntesis en las cianobacterias, se inicia en las membranas tilacoidales, donde se encuentran los fotosistemas I P700 y II P680, ocurriendo la fotólisis del agua, la cual libera oxígeno hacia la atmósfera, y también el ATP y el NADPH, que serán después utilizados en el Ciclo de Calvin o de las pentosas fosfato, para la síntesis de glucógeno, a partir de la reducción enzimática del dióxido de carbono atmosférico y agua.

Las cianobacterias son en general organismos fotosintetizadores, pero algunas viven heterotróficamente, como descomponedoras, o con un metabolismo mixto. Las cianobacterias comparten con algunas otras bacterias la capacidad de usar  $N_2$  atmosférico como fuente de nitrógeno. Las cianobacterias fueron las primeras en realizar una variante de la fotosíntesis que ha llegado a ser la predominante, y que ha determinado la evolución de la biosfera terrestre. Se trata de la fotosíntesis oxigénica. La fotosíntesis necesita un reductor (una fuente de electrones), que en este caso es el agua ( $H_2O$ ). Al tomar el Hidrógeno del agua, se libera oxígeno. La explosión evolutiva y ecológica de las cianobacterias, hace miles de millones de años, dio lugar a la invasión de la atmósfera por este gas, que ahora la caracteriza, sentando las bases para la aparición del metabolismo aerobio y la expansión de los organismos eucariontes.

Comparten con distintas bacterias la habilidad de tomar el  $N_2$  del aire, donde es el gas más abundante, y reducirlo a amonio ( $NH_4^+$ ), una forma de nitrógeno que todas las células pueden aprovechar. Los autótrofos que no pueden fijar el  $N_2$ , tienen que tomar nitrato ( $NO_3^-$ ), que es una sustancia escasa; este es el caso de las plantas. La enzima que realiza la fijación del nitrógeno es la nitrogenasa, que es inhibida por el oxígeno, con lo cual se hace incompatible con la fotosíntesis y, por tanto, en muchas cianobacterias los dos procesos se separan en el tiempo, realizándose la fotosíntesis durante las horas de luz y la fijación de nitrógeno solamente por la noche. Algunas especies han solucionado el problema mediante los heterocistes, unas células más grandes y con una pared engrosada con celulosa y que se encargan de la fijación del nitrógeno; en los heterocistes no hay fotosistema II, de modo que no hay desprendimiento de oxígeno y la nitrogenasa puede actuar sin problemas (Gumsley *et. al.*, 2020)

Algunas cianobacterias son simbiotes de plantas acuáticas, como los helechos del género *Azolla sp.*, a las que

suministran nitrógeno. Esto es fácilmente apreciable en cultivos de arroz, ubicados en China y Vietnam, en los que en 1988, se notó un incremento del 5% en la producción del cereal antes mencionado, debido principalmente a la mejora de la calidad del nitrógeno fijado y a que las cianobacterias funcionan como reguladores ecológicos, por lo que adquieren funciones de herbicidas y plaguicidas. Dada su abundancia en distintos ambientes, las cianobacterias son importantes para la circulación de nutrientes, incorporando nitrógeno a la cadena alimentaria, en la que participan como productores primarios o como descomponedores.

### *Formas de reproducción de las cianobacterias*

Las cianobacterias al ser bacterias solo tienen reproducción asexual, sin embargo, algunas cianobacterias tienen mecanismos de reproducción únicos dentro de las bacterias, presentando células especializadas para esta función. Las formas de reproducción, incluyen la fisión binaria, que es cuando una célula madre crece y entonces se divide a la mitad dando lugar a dos células hijas, es el tipo de reproducción más común dentro del orden Synechococcales, pudiendo ser de manera bipolar o apolar. La fisión múltiple es cuando una célula madre se divide en fragmentos irregulares llamados beocitos. La división puede darse de manera instantánea o secuencial, y se diferencia de la fisión binaria, ya que la célula madre no tiene un crecimiento o incremento de volumen previo. Este tipo de reproducción solo se presenta en cianobacterias del orden *Pleurocapsales*. Se cree que este tipo de división es una adaptación a ambientes hipersalinos ya que la célula madre protege a las células pequeñas de una ruptura por equilibrio osmótico.

La gemación es cuando una célula madre se fragmenta secuencialmente por los extremos, dando lugar a los nanocitos o exocitos, que después se liberan, este tipo de reproducción solo se ha observado en *Chamaesiphon*. Y por último la fragmentación, que es cuando el tricoma de un filamento se quiebra en dos, esto es posible gracias a una célula que se sacrifica llamada necridio, entonces los extremos pueden separarse formando dos filamentos o bien, pueden quedarse unidos dentro del mismo mucilago, formando una rama falsa. Se cree que esta reproducción es una adaptación que confiere a las células hijas una protección parental ya que los nuevos tricomas, pueden permanecer unidos a las células madre y evitar la depredación.

### *Utilización de las cianobacterias en la industria alimentaria y médico-farmacéutica*

En los últimos años, cada vez son más las personas que buscan alimentos que no solamente sean nutritivos, sino que además se puedan producir de forma sostenible para el medio ambiente. Es en este contexto donde las cianobacterias, un grupo de bacterias fotosintéticas, podrían convertirse en un ingrediente innovador para la alimentación del futuro. Las cianobacterias son microorganismos fotosintéticos que se encuentran distribuidos por todo el planeta. Su estudio tiene mucho interés debido a las aplicaciones biotecnológicas, como son la producción de biocombustibles como el hidrógeno o su uso como

biofertilizantes. Además, al igual que las plantas, son capaces de llevar a cabo la fotosíntesis, contribuyendo de forma importante a la producción de oxígeno en nuestro planeta, básicamente en los ecosistemas marinos. Por todo ello, se ha propuesto que podrían ser la base para futuros asentamientos en otros planetas.

Aunque, algunas cianobacterias, pueden causar también problemas de salud en humanos y animales, pero otras son comestibles y se han consumido durante siglos en diferentes partes del mundo, especialmente en África, Asia y América del Sur. En México, por ejemplo, la especie *Spirulina*, también denominada *Arthorspira*, se ha utilizado como fuente de alimento desde tiempos prehistóricos. De hecho, el ejército de Hernán Cortés documentó la existencia de cosechas de *Spirulina* en el lago de Texcoco (México), a las que los aztecas llamaban *te-cuitlatl* (que significa 'excremento de las rocas'), y su consumo es en forma de tortas.

Existen muchos tipos de cianobacterias que pueden ser comestibles, pero las más importantes son *Spirulina*, *Chlorella* y *Nostoc flageliforme* y *Aphanizomenon flos-aquae*. *Spirulina*, también denominada *Arthorspira*, es una cianobacteria que, como su nombre indica, tiene forma de espiral. Se ha cultivado durante siglos en América Central y África, y posiblemente sea la cianobacteria comestible más conocida y utilizada, pues se puede encontrar en muchos suplementos dietéticos y nutricionales comerciales que comúnmente reciben el nombre de espirulina. Esta cianobacteria es una fuente excepcional de proteínas, ácidos grasos esenciales, antioxidantes, vitaminas B, C, D y E y minerales, principalmente hierro, calcio, magnesio. Generalmente se consume desecada, en forma de polvo, comprimidos o cápsulas, aunque también puede consumirse fresca.

A que pesar de las múltiples ventajas de estos microorganismos, las floraciones de cianobacterias son eventos naturales que, entre otros factores, responden al incremento de la temperatura, luz y de los nutrientes (nitrógeno y fósforo) que llegan al agua desde fuentes puntuales (ej. Vertidos domésticos e industriales) o difusas (ej. Fertilizantes arrastrados por las lluvias). Estas pueden causar problemas en la calidad del agua por su rápido crecimiento y abundancia. Además de generar biomasa en exceso, causan cambios físicos, químicos y biológicos en el ecosistema. Las toxinas de cianobacterias se han nombrado cianotoxinas, y son metabolitos secundarios biológicamente activos. También las cianobacterias producen hepatotóxicas y dermatotóxicas. De igual manera, el desarrollo masivo de las cianobacterias confiere color, olor, sabor y aspecto alterado al agua, generando un desequilibrio ecológico, limitaciones para la potabilización y otros fines. Una alta biomasa de cianobacterias, también puede contribuir a problemas estéticos, poniendo en peligro el uso recreativo (debido a la presencia de espumas en la superficie y olores desagradables), afectando el sabor del agua potable tratada y su carácter de potable, debido a que las toxinas pueden sortear los sistemas.

### *Funciones ambientales de las costras biológicas del suelo*

Las costras biológicas del suelo, se encuentran entre 1-3 mm de la profundidad. Entre las principales funciones ambientales de las costras biológicas se destacan, que enriquecen con oxígeno la atmósfera, para que el resto de los organismos aerobios como el ser humano y los animales puedan sobrevivir. Fijan el nitrógeno al suelo, incorporando también carbono y otros minerales. Son los productores primarios del fitoplancton. Además, rehabilitan los suelos erosionados por condiciones naturales o debido al factor antrópico.

Las cianobacterias dominantes en las costras biológicas del suelo, secretan un mucopolisacárido mucilaginoso pegajoso que conduce la agregación de las partículas del suelo y agua, favoreciendo la retención de la humedad y a la vez restableciendo las propiedades físico – químicas del suelo, que lo hacen más fértil y productivo para los diferentes cultivos de interés económico.

El interés despertado por la CBS no es sorprendente, ya que representa un importante aporte de carbono y nitrógeno al suelo, incrementa su estabilidad y protege frente a la acción erosiva de la lluvia y el viento, favorece la agregación y cohesión de partículas de suelo, modula la infiltración de manera directa a las plantas vasculares, influyendo en su contenido nutricional y estado hídrico. Estas asociaciones simbióticas, se observan como parches grises en suelos secos, y cuando llueve se tornan verdes. De manera que las condiciones ecológicas para su desarrollo, se ve favorecida por la radiación solar, en suelos desnudos y en zonas erosionadas con abundante matorral xerófilo.

Asimismo, la presencia de las costras biológicas en aquellas regiones o microsistemas ambientales, donde también existe el humo, se incrementa el contenido de carbono y nitrógeno, aumentando la calidad biológica de los humos y por tanto la fertilidad de los suelos para los cultivos. Por lo que es factible tomar parches de las costras biológicas con dominancia por cianobacteria y e inocularla en suelos pobres en nitrógeno y carbono.

Las funciones ecológicas de estas asociaciones simbióticas, residen en que son los productores primarios, por lo que significa que ocupan la base de la cadena alimentaria en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Constituyen una fuente de alimento para muchos organismos, como el zooplancton, los peces pequeños y los invertebrados. Además, ciertas especies de cianobacterias, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, un proceso que transforma el nitrógeno gaseoso en compuestos nitrogenados asimilables por las plantas. Esta fijación del nitrógeno desempeña un papel esencial en el reciclaje de nutrientes y la fertilidad del suelo. También participan en la formación de estructuras biológicas complejas, como los estromatolitos y las biopelículas. Los estromatolitos son formaciones rocosas compuestas por capas alternas de sedimentos y colonias de cianobacterias fosilizadas, mientras que las biopelículas son comunidades microbianas organizadas en una matriz extracelular (Álvarez *et al.*, 2022).

#### *Propagación y mezclas de las costras biológicas del*

#### *suelo con abonos orgánicos*

García y Arabinar (2021) hacen referencia a que existen distintos tipos funcionales de CBS (dominadas por cianobacterias, cianolíquenes, ficolíquenes y musgos) que poseen potencialidad para la recuperación de los suelos degradados. Los autores, cultivaron en vivero diferentes tipos funcionales de CBS, recolectadas en el desierto del Monte, Argentina, combinando diferentes tratamientos de siembra (CBS triturada o agregada en trozos) y fertilidad (sustrato con o sin estiércol de cabra). Las variables medidas como indicadores de funcionalidad de las CBS, fueron la cobertura total de las CBS, la profundidad alcanzada, la estabilidad del suelo, y las concentraciones de amonio y fosfato.

Los resultados experimentales indican que la siembra triturada favoreció el desarrollo y funcionalidad de la CBS, en particular en las macetas sembradas con cianolíquenes, ficolíquenes y musgos. La adición de fertilizante redujo la cobertura total de las CBS, dominadas por ficolíquenes y musgos. La profundidad de la CBS y la estabilidad del suelo aumentaron respecto al suelo desnudo en macetas dominadas por líquenes y musgos, y estuvieron favorecidas por la siembra triturada. La concentración de nutrientes dependió del tipo funcional de CBS; en comparación con el suelo desnudo, fue menor en todos los casos. Se concluye que el cultivo de CBS en invernadero, bajo tratamientos de siembra triturada y sin fertilizante, favoreció la cobertura y profundidad de CBS y aumentó la estabilidad de los suelos. En este estudio la cobertura total de las CBS, aumentó en 19 meses. Estos resultados permiten el diseño de estrategias que incluyan a la CBS como herramienta en la restauración de tierras áridas.

Actualmente es posible realizar experimentalmente combinaciones de las costras biológicas del suelo con abonos orgánicos, tales como el humo de lombriz y cachaza, que es un subproducto industrial de la fabricación de azúcar de caña. También con abonos verdes, que contienen materia foliar de coltaria, canavalia y sorgo. Esto restablece las propiedades físicas y químicas de los suelos, mejorando la fertilidad, que luego después, podrán ser utilizados para el cultivo de plantas de ciclo corto y también en los suelos erosionados.

En este sentido, un estudio experimental llevado a cabo por Romero-Jiménez *et al.*, (2021), profundizan en estos aspectos. El objetivo fue estudiar la presencia de costras biológicas del suelo (CBS) y sus efectos beneficiosos para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas. Evaluando las posibilidades del empleo de estas como bioindicadores de procesos de degradación existentes en suelos de uso agrícola (cultivado con maíz), así como la utilización de las mismas como biofertilizantes. Como alternativa de biofertilizantes dadas sus características para fijar nitrógeno, arrojó que el tratamiento, empleando 50 % suelo con 50 % de CBS, resultó ser estadísticamente de mayor influencia sobre las variables morfoagronómicas evaluadas, aunque las combinaciones de 50% suelo, 30% de costra, y 20% de cachaza, también pudieran ser utilizadas en la fertilización del cultivo. Por lo que el

empleo de Costras Biológicas del Suelo dominadas por cianobacterias es una alternativa viable para ser utilizada como biofertilizantes en el cultivo del maíz manifestándose en las variables morfoagronómicas.

Por otro lado, se identificaron 3 morfoespecies como principales componentes de CBS presentes en los suelos degradados y contaminados, y se demuestra que las costras biológicas del suelo, ejercen efectos positivos en las propiedades edáficas evaluadas, ya que, en presencia de CBS, se encontró los mayores valores de humedad natural, contenido de arcilla y los mayores valores de pH. También la erosión disminuía, por incrementarse el porcentaje de cobertura de la superficie del suelo, por otro lado, se evidencia que en los sitios donde las costras estaban presentes, la repelencia al agua disminuye, evitando la escorrentía. De igual manera se corrobora que las costras biológicas dominadas por cianobacterias, incrementan los niveles de nitrógeno atmosférico fijados en el suelo, cultivado con maíz (*Zea Mays*, L).

Maroto y Romero –Jiménez (2023. a) estudiaron también, el efecto fertilizante de las costras biológicas del suelo dominadas por cianobacterias y la combinación con humus de lombriz en el cultivo del rábano, con resultados alentadores (Figura. 9). Para ello se evaluaron varias variables morfoagronómicas del cultivo del rábano, incluyendo la germinación, altura de la planta, número de hojas por planta y diámetro del bulbo. El tratamiento mostró un efecto positivo de las costras mezcladas con el humus de lombriz, en cuanto a la altura de la planta. Estos hallazgos continúan la línea de investigación sobre el uso de las CBS como fertilizante en cultivos agrícolas y resaltan la importancia de estudiar la interacción entre los diferentes componentes del suelo y las plantas para mejorar la productividad agrícola de forma sostenible.

**Fig. 8.** Aplicación de costras biológicas del suelo mezcladas con humus de lombriz en cultivo de rábano.



**Fuente:** Elaboración propia. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

### *Ecología de las costras biológicas del Suelo*

Las investigaciones sobre las costras biológicas del suelo han incluido una serie de pruebas para determinar las condiciones ambientales adecuadas para la sobrevivencia de los organismos y han permitido demostrar que

estos lleguen a subsistir con la humedad de la temporada invernal y con suficiente radiación solar. Los matorrales xerófilos, por ejemplo, dan sustento a diversos procesos ecológicos, entre estos, proveen de alimentos a muchas especies, incluyendo los organismos que viven en las costras biológicas del suelo, disminuyen la erosión y favorecen la recarga de acuíferos (Navas –Romero *et. al.*, (2023)

Durante los meses cálidos, estos vegetales tienen una apariencia marchita por la falta de humedad; sin embargo, siguen vivos. En temporada de lluvia, los matorrales evitan la erosión del suelo a causa de los escurrimientos del agua, asimismo la retienen por más tiempo en la superficie, favoreciendo una mayor infiltración a los mantos acuíferos. Los resultados indican que la preservación y proliferación del matorral xerófilo, garantizará el abasto de agua en el futuro, por lo tanto, las investigaciones de costras biológicas del suelo son fundamentales para mejorar los procesos de reforestación de esta cubierta vegetal. Porque se ha comprobado que las costras biológicas sirven para retener las partículas del suelo que conservan la humedad y que se pueden emplear y desarrollar para acompañar programas de reforestación.

Las biopelículas que contienen costras biológicas pulverizadas, pueden ser usadas como inóculos en suelos esterilizados. Después se llevan al campo para determinar las condiciones ambientales en que sobreviven. Estas crecen bajo la radiación del solar, en suelos desnudos, y en zonas erosionadas; lugares en donde no hay nada, llegan las cianobacterias y empiezan a cambiar la calidad del suelo, mejorando las condiciones para que germinen semillas y crezcan las plantas. A partir de los resultados obtenidos, los investigadores estiman que las costras biológicas son efectivas para restaurar los matorrales xerófilos en áreas perturbadas de las zonas áridas. También los organismos micro artrópodos que cohabitan dentro de las costras biológicas tienen la función de descomponer los desechos de los matorrales, como tallos y frutas. Posteriormente, los microorganismos del suelo producen humus, a partir de la descomposición de la materia orgánica del suelo, y es de una calidad mayor, en donde existen costras biológicas.

En los ecosistemas áridos y semiáridos, donde las concentraciones de nitrógeno son relativamente bajas comparadas con otros ecosistemas la fijación de dinitrógeno (N<sub>2</sub>) es llevada a cabo principalmente por los organismos que componen la CBS en especial las cianobacterias; gran parte del nitrógeno fijado por las costras se libera casi de inmediato a los suelos circundantes y así el nitrógeno liberado es fácilmente absorbido por organismos tales como plantas vasculares y hongos. Este proceso de fijación por parte de la CBS es altamente dependiente de la humedad, la temperatura y la luz, así como de la composición específica de dicha costra.

Por ejemplo, en zonas semiáridas del centro de México, la sobreexplotación de pastizales ha ocasionado severa reducción de su productividad. Su fisonomía se caracteriza

por espacios abiertos con presencia de costras biológicas del suelo. Aunque este tipo de paisaje es representativo de pastizales semiáridos de San Luis Potosí, no existe información relacionada con el papel de las costras biológicas. Por tal motivo el objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar la frecuencia y cobertura de costras biológicas del suelo de un pastizal degradado a nivel de comunidad y macollo de gramíneas, así como su influencia en la biomasa de raíces a nivel de macollo.

Factores como la precipitación y la temperatura, marcan patrones regionales de distribución y abundancia de especies de la CBS. A escala regional, la precipitación y la temperatura limitan la presencia y el desarrollo de la misma, ya que la mayoría de sus componentes son organismos con particulares requerimientos de humedad. A una escala local, la vegetación vascular y las propiedades físico-químicas del suelo determinan la composición de las comunidades y la abundancia relativa de sus componentes, debido a los distintos requerimientos de luz, acidez del suelo y disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, los estudios más recientes sobre la CBS ponen de manifiesto la posibilidad de encontrar diferencias interespecificas ante diversos factores ambientales.

## Conclusiones

Las costras biológicas del suelo son colonias de organismos que crecen entre dos a tres milímetros por debajo de la superficie terrestre, están formadas por cianobacterias, hongos, microalgas, líquenes costrosos, constituidos por hongos y microalgas que forman una simbiosis, y que generan redes filamentosas. Esto último en conjunto con las cianobacterias, producen polisacáridos de textura pegajosa, que facilita la adhesión de las partículas del suelo, dándole estabilidad. Los resultados demuestran que se está trabajando en la utilización de las costras biológicas, para aumentar la fertilidad de los suelos, también detener la erosión, retener la humedad, y evitar la infiltración. Al tiempo, comienzan los primeros estudios de fraccionar las costras biológicas, mezclarlas y emplearlas como inóculos en suelos con diferentes manejos. Por otra parte, las cianobacterias son microorganismos fascinantes que desempeñan un papel importante en el equilibrio ecológico de nuestro planeta. Es esencial comprender mejor estos organismos si queremos aprovechar sus propiedades beneficiosas, como la fijación del nitrógeno y la producción de oxígeno, y desarrollar estrategias para la gestión sostenible de los ecosistemas acuáticos, así como permitir que los seres humanos se beneficien de las ventajas nutricionales y terapéuticas que pueden ofrecer ciertas cianobacterias, como la espirulina.

## Referencias bibliográficas

Álvarez, D.B. (2022). Cianobacterias. Características. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/cianobacterias-que-son-caracteristicas-y-ejemplos-3546.html>.

- Bourrelly, P. (1970): Les algues d'eau douce III. – N. Bouée & Cie, Paris.
- Castenholz, R.W., Waterbury, J.B. (1989). Cyanobacteria. In Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology .Williams &Wilkins, Baltimore Vol.3 .pp .1710-1806.
- Delgado Ortiz, M. I., Yaunner González, S.T., López Menéndez, A.B., Castro Ramos, Y. (2018). Microbiología General. Editorial Universitaria Félix Varela.
- Domínguez, Nuño. (2018). «Guerra abierta por el fósil más antiguo del mundo». *El País*. ISSN 1134-6582. [https://es.wikipedia.org/wiki/Cyanobacteria#cite\\_ref-20](https://es.wikipedia.org/wiki/Cyanobacteria#cite_ref-20).
- Galindo - Alcázar, O., Medina Jaritz, N.B., Garduño –Solórzano, G. (2018) Cianobacterias y microalgas de bio-películas en zonas arqueológicas. México. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.10>. número.45, pp131-146.
- García, V. R ., Aranibar, J. N .(2021). Propagación de distintos tipos funcionales de la costra biológica del suelo del desierto del Monte, Argentina. Asociación Argentina de Ecología; *Ecología Austral*; 31; 1; 4-2021; 1-16.
- Gumsley, Ashley, P., Chamberlain, Kevin R., Bleeker, Woute., Söderlund, Ulf., de Kock, Michiel O., Larsson, Emilie R., Bekker, Andrey. (2020). «Timing and tempo of the Great Oxidation Event». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (8): 1811-1816. ISSN 0027-8424. Doi: [10.1073/pnas.1608824114](https://doi.org/10.1073/pnas.1608824114).
- Komárek J. & Kaštovský J. (2003). Coincidences of structural and molecular characters in evolutionary lines of cyanobacteria. *Algol. Stud.* 148: 305–325.
- Komárek J. & Anagnostidis K. (2005). Cyanoprokaryota.2. Oscillatoriales. – In: Büdel B., Krienitz L., Gärtner G. & Schagerl M. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, p. 759, Elsevier/Spektrum, Heidelberg.
- Lange, O. (2001). Photosynthesis of Soil-Crust biota as dependent on environmental factors. J. Belnap y O.L. Lange (Comp). Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management Springer-Verlag Berlin. *Ecological Studies* 150: 219-240.
- Leong, S. C. Y., Cureen, E. (2018). *Lyngbya regalis* sp. nov. (Oscillatoriales, Cyabophyceae), uma nova cianobactéria marinha. *Tropical. Phytotaxa*. 367:120 - 132.
- Mazoyer, M., Laurence Roudart.( 2002 ) . *Histoire des agricultures du monde: Du néolithique à la crise contemporaine*, Paris: Seuil. ISBN 2-02-053061-9, engl. *A History of World Agriculture: From the Neolithic Age to the Current Crisis*, New York: Monthly Review Press, 2006, ISBN 1-58367-121-8.



- Margulis, Lynn. (2002). *Planeta simbiótico*. Editorial Debate, ISBN 84-8306-998-9, p. 161.
- Maroto Chang, N., Romero-Jiménez, A.M. (2023 a). Evaluación del efecto fertilizante de las costras biológicas del suelo y el humus de lombriz en el cultivo del rábano. [Trabajo de Tesis de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias]. Universidad de Cienfuegos. Cuba.
- Maroto, Ch. N., Romero-Jiménez, A.M., & Del Campo Rodríguez, Y. (2023.b). Estado Cultural De las costras biológicas del suelo. *Revista Científica Agroecosistema*, 11(2), 110-125. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/631.ISBN2415-2862>.
- Navas –Romero, A.L., Herrera Moratta, M.A., Carretero, E.M. (2023). Panorama sobre las variaciones estacionales y diarias de la temperatura del suelo bajo el efecto de las costras biológicas del suelo en el centro oeste-este. Universidad de San Juan. Argentina. <http://doi.org/10.21829/amb/30.2023.2212>. ISSN 0187-7151.
- Romero- Jiménez, A.M., Olimpia Nilda Rajadel – Acosta, O.N &. (2021). Estudio de costras biológicas del suelo: efecto como biofertilizante y bioindicadores de procesos de degradación de suelo en la CPA Mártires de Barbados de la provincia de Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos. (UCF). Dpto de Ciencias biológicas aplicadas. Facultad de Ciencias Agrarias. Cienfuegos. Cuba.
- Tandeau de Marsac, N. (2004). "Differentiation of Hormogonia and Relationships with Other Biological Processes," en: "The Molecular Biology of Cyanobacteria Advances in Photosynthesis and Respiration", volumen 1, páginas 825-842, [1] Archivado el 8 de abril de 2015 en Wayback M. [https://es.wikipedia.org/wiki/Hormogonio#cite\\_ref-1](https://es.wikipedia.org/wiki/Hormogonio#cite_ref-1).
- Whitton B., Potts, M. (2000). The ecology of Cyanobacteria. Their diversity in time and space. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 465-504.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los autores interesados en publicar en la Revista Científica Agroecosistemas deberán enviar sus contribuciones en español o inglés a la siguiente dirección electrónica: [agroecosistemas@ucf.edu.cu](mailto:agroecosistemas@ucf.edu.cu)

Los trabajos enviados para su publicación han de ser inéditos; no deben haber sido presentados simultáneamente en otra revista y no pueden contener plagio. Las contribuciones podrán escribirse en Microsoft Office Word u Open Office Writer, en formato carta, empleando letra Verdana a 10 puntos y espaciado sencillo. Los márgenes superior e inferior serán a 2,5 cm y se dejará 2 cm para el derecho e izquierdo. Los tipos de contribuciones que aceptará la revista serán: artículos de investigación científico-tecnológica, artículos de reflexión, artículos de revisión y reseñas bibliográficas.

### *Estructura de los manuscritos*

El envío de los artículos deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Extensión entre 10 y 15 páginas.
- Título en español e inglés (20 palabras como máximo).
- Nombre (completo) y apellidos de cada uno de los autores, antecedido por el título académico o científico (se recomienda no incluir más de tres autores por artículo).
- Adscripción laboral, país y correo electrónico.
- Resumen en español y en inglés (no excederá las 250 palabras) y palabras clave (de tres a diez en español e inglés).
- Introducción, en la que se excluya el diseño metodológico de la investigación; Materiales y métodos; Resultados y discusión, para artículos de investigación científico tecnológica, el resto de las contribuciones tendrá en vez de estos dos apartados un Desarrollo; Conclusiones, nunca enumeradas; y Referencias bibliográficas. En caso de tener Anexos se incluirán al final del documento.

### *Requisitos formales*

- Las páginas deben enumerarse en la esquina inferior derecha con números arábigos.
- Los títulos de los apartados que formen parte de la estructura del artículo deberán ir en negrita y mayúscula; el resto de los subtítulos solo en negrita.
- Las fórmulas serán insertadas como texto editable, nunca como imagen.
- Las tablas serán enumeradas según su orden de aparición y su título se colocará en la parte superior. Se enviarán en texto editable. Se hará referencia a ellas en el texto de la forma: ver tabla 1 ó (tabla 1).
- Las figuras serán enumeradas según el orden en que se mencionen y su título se colocará en la parte inferior. Serán enviadas en formato .jpg. Se mencionarán en el texto de la forma: ver figura 1 ó (figura 1).
- Las abreviaturas acompañarán al texto que la definen la primera vez, entre paréntesis y no se conjugarán en plural.
- Las notas se localizarán al pie de página, nunca al final del artículo y estarán enumeradas con números arábigos. Tendrán una extensión de hasta 60 palabras. Se evitarán aquellas que solo contengan citas y referencias bibliográficas.
- Los anexos serán mencionados en el texto de la manera: ver anexo 1 ó (anexo 1).

### *Referencias bibliográficas*

Las Referencias bibliográficas se ajustarán al estilo de la Asociación Americana de Psicología (APA), 6ta edición de 2009. Se escribirán en el idioma original de la contribución utilizada y se evitará utilizar fuentes no confiables, que no contengan todos sus datos. Dentro del texto las citas se señalarán de la forma: Apellido (año, p. Número de página), si la oración incluye el (los) apellido (s) del (de los) autor (es). Si no se incluyen estos datos en el texto se utilizará la variante: (Apellido, año, p. Número de página). El listado con todas las fuentes citadas se colocará al final del artículo y deberá ordenarse alfabéticamente con sangría francesa.

### *Nota:*

El Consejo Editorial se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios que considere pertinentes para mejorar la calidad del artículo.

Revista publicada bajo una Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Sin Derivar 4.0 Internacional. Podrá reproducirse, de forma parcial o total, el contenido de esta publicación, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.



ISSN: 2415-2862



**Síguenos en:**

<http://universosur.ucf.edu.cu/>

<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>



Editorial: "Universo Sur".  
Universidad de Cienfuegos.  
Carretera a Rodas, Km 3 ½.  
Cuatro Caminos. Cienfuegos. Cuba.  
CP: 59430

© Podrá reproducirse, de forma parcial o total, el contenido de esta publicación, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.