

# *Agroecosistemas*

Revista para la transformación agraria sostenible

• Volumen 10 • Número 2 • Mayo-Agosto • 2022

“La Ciencia en función  
del mejoramiento de los cultivos”





## CONSEJO EDITORIAL

---

### Director (a)

Dr. C. Annette Lourdes Padilla Gómez

### 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 Spíritus. 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 Sanchez, 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

DrC. Liéter Elena Lamí Rodríguez del Rey

### Soporte Informático

Tec. Ana Ibys Torres Blanco

Editorial	5
<b>01</b> __ Efecto fertilizante de Costras Biológicas del suelo y Cachaza, sobre el Cultivo de Maíz ( <i>zea mays</i> , l.) RYandi Del Campo Rodríguez, Aida Margarita Romero Jiménez, Aníbal Barrera García	6
<b>02</b> __ Aclimatización de Vitroplantas de banano con hongos Micorrízicos Arbusculares Juan Carlos Escaleras-Medina, Sara Enid Castillo Herrera, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta.	15
<b>03</b> __ Comportamiento del Maíz ( <i>zea mays</i> l.) en un suelo contaminado con dosis crecientes de Hidrocarburos totales de petróleo (htp) resultante de un proceso de Biorremediación en Biopilas con una combinación de Texturizantes Consuelo Hernández Rodríguez, Lázaro Jesús Ojeda Quintana, Yanoris Bernal Carrazana	24
<b>04</b> __ Metodología para medir la Capacidad de Producir Semillas de Calidad en Plantas élite de Café Joselyn Elizabeth Astudillo Herrera, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	35
<b>05</b> __ Comportamiento de algunas Propiedades Químicas de un Suelo del orden Inceptisol en los cultivos de maíz y cacao Irán Rodríguez Delgado, Hipólito Israel Pérez Iglesias, Rigoberto Miguel García Batista	44
<b>06</b> __ Impacto del tipo de Cultivo en Algunas Propiedades Físicas de un Suelo Inceptisol en la granja Santa Inés Irán Rodríguez Delgado, Hipólito Israel Pérez Iglesias, Roy Leonardo Carrillo Loja	51
<b>07</b> __ Los Recursos Hidráulicos en la Provincia de Cienfuegos, los Modelos Estadístico Matemáticos para su Aplicación Marianelis Manzano Cabrera, Manuel Cortés Iglesias, Manuel E. Cortés Cortés	58
<b>08</b> __ Calidad Física de Cuatro Variedades de <i>zea mays</i> l. en Laboratorio Provincial de Semillas Cienfuegos Erislandy José Becerra Fonseca, Claudia María Pérez Reyes, Darietza Valdivieso Hernández, Anaisa López Melian	65
<b>09</b> __ Control de <i>Perileucoptera Coffeella</i> Guérin-Méneville Silvestri en el Cultivo de <i>Coffea Arabica</i> l Reinaldo Delgado Porres, Pedro Leonel Alonso Consuegra, Yhosvanni Pérez Rodríguez	70
<b>10</b> __ Efecto de la Aplicación de abono Orgánico y Microorganismos Eficientes, en el cultivo del Boniato ( <i>ipomea batatas</i> , (l.) lam), en Suelo Pardo con Carbonato Típico Idalia Irene Terry Cogles, José Ramón Mesa Reinaldo	77

11__ Osmodeshidratación de Frutos de Piña en diferentes Soluciones de Sacarosa Damarys Pérez Luna, Rosa María Cepero Olivera	88
12__ Biota del Suelo: Fortalecimiento Mediante la Aplicación de tres Fuentes de Inóculo en el Cultivo de Banano Erika Mirella Nagua Velepucha, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	94
13__ Efecto de Me-UCF sobre el crecimiento, Desarrollo y Rendimiento del Cultivo del arroz ( <i>oryza sativa</i> L), variedad Perla de Cuba en el Municipio Abreus José R. Mesa Reinaldo, Erisbel Martínez Poma	101
14__ Cuba y el Tránsito a una Agricultura Sostenible Alvaro Calzada Díaz de Villegas, Jorge Luis Prieto Duarte, Yoandris Socarras Armenteros	109
15__ Caracterización de una Finca Familiar campesina en Transición Agroecológica Yariel González Pérez, Jorge Luis Álvarez Marqués, Sergio Luis Rodríguez Jiménez	116
16__ Necesidades hídricas del maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en la CPA “Mártires de Barbados” Lissett Ponce Rancel, Reinaldo Pérez Armas, José Carlos Sardiñas Montalvo	123
17__ Evaluación de Sistemas de Siembra de alta Densidad en Maiz ( <i>Zea Mays</i> L.). Milton Ernesto Morales Duran, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	131
18__ Regulador Fisiológico Foliar: Efectos en el Comportamiento Agronómico en el Cultivo de Maracuyá ( <i>Pasiflora Edulis</i> Sims). Mario Andrés Astudillo Yaguana, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	140
19__ Evaluación de Estimulantes Radiculares en el Cultivo de Banano ( <i>Musa x Paradisiaca</i> ). Yordy Bryan Córdova Girón, José Nicasio Quevedo Guerrero, Abrahán Rodolfo Cervantes Alava	148
Normas de publicación	158

EDITORIAL

MSc. Amariyls Suárez Alfonso <sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos

Los desafíos ambientales en la agricultura son enormes y se volverán más relevantes a medida que se traten de asumir nuevas demandas de alimentos, la búsqueda de soluciones para asegurar la alimentación será más urgente que en cualquier otro momento de la historia. El desarrollo y la implementación de tecnologías de secuenciación de alto rendimiento han permitido acelerar dichos programas en cultivos que alimentan a la mayoría de la población mundial.

En los países tropicales las temperaturas aumentarán debido al cambio climático, que también incide en las producciones y en el aumento de las plagas que afectan al sector. Durante los últimos años los países de bajos ingresos se han convertido en importadores de alimentos, lo que aumenta la necesidad de incluir la alta tecnología para incrementar la producción.

Exhortamos a todos nuestros investigadores a la soluciones e implementación de alta tecnología en la agricultura, pues la realidad cada vez más cambiante e inestable así lo requiere

¡A todos muchas Gracias!!!!

# 01

## **EFFECTO FERTILIZANTE DE COSTRAS BIOLÓGICAS DEL SUELO Y CACHAZA, SOBRE EL CULTIVO DE MAÍZ (*ZEA MAYS*, L.)**

### FERILIZING EFFECT OF BIOLOGICAL SOIL CRUSTS AND FILTER CAKE, ON THE CULTIVATION OF CORN (*ZEA MAYS*, L.)

Yandi Del Campo Rodríguez<sup>1</sup>

E-mail: [yandi01@nauta.cu](mailto:yandi01@nauta.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6293-6179>

Aida Margarita Romero Jiménez<sup>1</sup>

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2550-6983>

Aníbal Barrera García<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8952-4721>

<sup>1</sup> Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cienfuegos

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Del Campo Rodríguez, Y., Romero Jiménez, A. M., Barrera García, A. (2022). Efecto fertilizante de Costras Biológicas del suelo y Cachaza, sobre el Cultivo de Maíz (*zea mays*, L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 6-14. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

La investigación se realizó en el período de septiembre del 2020 a octubre del 2021 en el municipio de Lajas, provincia Cienfuegos, utilizando Costras Biológicas del Suelo (CBS), provenientes del Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Cienfuegos, con el objetivo de evaluar el efecto fertilizante de las Costras Biológicas del Suelo dominadas por cianobacterias y su combinación con cachaza, mediante la determinación de variables morfoagronómicas en el cultivo del maíz, tales como: número de hojas, altura y diámetro del tallo de las plantas. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar aplicándose ocho tratamientos: T1 suelo 100%; T2 suelo 50% y CBS 50%; T3 suelo 50% y cachaza 50%; T4 suelo 75% y CBS 25%; T5 suelo 75% y cachaza 25%; T6 suelo 50%, CBS 25% y cachaza 25%; T7 suelo 50%, CBS 30% y cachaza 20%; T8 suelo 50%, CBS 20% y cachaza 30%. El número de hojas por planta fue de 8 a 10 hojas a los 48 días. La altura y diámetro del tallo fue mayor en todos los tratamientos con respecto al control, siendo en los tratamientos con presencia de costra donde se obtuvieron los mayores resultados.

#### Palabras clave:

Costras biológicas, Cianobacterias, Cachaza, Biofertilizantes, Maíz.

#### ABSTRACT

The investigation was held from September 2020 to October 2021, in the municipality of Lajas, Cienfuegos Province, using biological soil crusts (CBS), from the microbiology laboratory of the University of Cienfuegos, with the aim of evaluating the Fertilizer effect of the biological slopes of the soil dominated by cyanobacteria and its combination with sloth, by determining morphogronomic variables in the cultivation of corn, such as: number of leaves, height and diameter of the plant stem. An experimental block design was performed completely randomly by applying eight treatments: T1 soil 100%; T2 Soil 50% and CBS 50%; T3 soil 50% and sloth 50%; T4 Soil 75% and CBS 25%; T5 soil 75% and sloth 25%; T6 soil 50%, CBS 25% and sloth 25%; T7 Soil 50%, CBS 30% and sloth 20%; T8 Soil 50%, CBS 20% and sloth 30%. The number of leaves per plant was 8 to 10 sheets at 48 days. The height and diameter of the stem was greater in all treatments according to the control, being in the treatments with a crust presence where the greatest results were obtained.

#### Keywords:

Biological crusts, Cyanobacteria, sloth, Biofertilizers, Corn.

## INTRODUCCIÓN

En el suelo existe una notable población microbiana dentro de la que se encuentran las bacterias, hongos filamentosos, actinomicetos y hongos micorrizógenos orbiculares, caracterizados por realizar funciones como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización del fósforo insoluble presente en el suelo, la antibiosis y la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, entre otras, pero estos microorganismos se encuentran normalmente distribuidos en el suelo en poblaciones insuficientes (entre 103 -104 células/gramo de suelo), como para provocar el efecto beneficioso deseado sobre las plantas; debemos aumentar el número poblacional (entre 106 - 108 células/gramo de suelo), dando lugar como actividad resultante a la elaboración de biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento y desarrollo vegetal (Alvarez, 2009).

El uso de biofertilizantes es importante, pues estos suplen o complementan el aporte de los fertilizantes minerales, los cuales, a pesar de resultar beneficiosos, se ha comprobado que causan daños al ambiente. Existen distintos tipos de biofertilizantes, como los abonos y el compost, así como aquellos que incluyen inoculantes microbianos y otros derivados de subproductos agrícolas y animales (Valcárcel & Díaz, 2014).

Según el autor antes citado también los biofertilizantes cuya particularidad radica en contener formulaciones de agentes microbianos (bacterias, hongos, actinomicetos y algas) y su uso, ya sea solo o en compañía de sustratos orgánicos, se remonta a más de setenta años. Cabe agregar que dichos bioinoculantes cumplen funciones como de promotores de crecimiento, nutrición y defensa ante plagas y enfermedades.

Otros autores refieren que en varios países cañameleros, como Cuba, Puerto Rico, Colombia, Brasil, Trinidad e India, la cachaza es utilizada como fertilizante en la mejora de algunas propiedades físicas del suelo, para elevar el pH y/o en el manejo de suelos afectados por sales, como abono orgánico es rica en Fósforo (P), Calcio (Ca), Nitrógeno (N) y baja en Potasio (K). También es una fuente importante de Zinc (Zn), Boro (Br) y desde luego de Materia Orgánica (MO).

Mientras, una de las comunidades bióticas que ha despertado mayor interés entre investigadores de muchas disciplinas en las últimas décadas es la costra biológica del suelo (CBS), formada de acuerdo a Castillo-Monroy & Maestre (2011) por la íntima asociación entre partículas de suelo, cianobacterias, algas, hongos, líquenes, hepáticas y briófitos. La CBS está ampliamente distribuida en muchos tipos de suelo y en casi todas las comunidades vegetales donde la luz alcanza la superficie del suelo, si bien es particularmente dominante en ambientes de baja productividad como las zonas áridas, semiáridas, alpinas y polares.

La fijación de nutrientes es facilitada por las CBS, aumentando así la fertilidad del suelo; sobre todo aquellas que participan en el ciclo del nitrógeno, ya que poseen la

enzima nitrogenasa que les permite fijar el nitrógeno atmosférico, contribuyendo al reservorio de nutrientes disponibles para las plantas. El nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) no está fácilmente disponible para las plantas vasculares, siendo necesaria su fijación y reducción a amonio ( $NH_4^+$ ) por cianobacterias, Ciano líquenes u organismos procariontes como bacterias heterótrofas.

La mayoría de las investigaciones sobre las características e impacto de las CBS en los suelos según Mendoza Aguilar (2014) se han desarrollado en zonas áridas y semiáridas de Australia, España, Estados Unidos, Argentina y China, dirigidos fundamentalmente a estudiar su papel en los ciclos biogeoquímicos del agua, el carbono y el nitrógeno además del estudio de los constituyentes fundamentales y su efecto en la fertilidad del suelo siendo empleados como biofertilizantes.

Uno de los constituyentes fundamentales de las CBS son las cianobacterias, un grupo muy diverso de organismos procariontes, que sintetizan *clorofila a* y *ficobilinas*, son capaces de realizar algunos procesos de vital importancia como la fotosíntesis oxigénica y la fijación de nitrógeno atmosférico. Estas cianobacterias desempeñan un papel vital en mantener a largo plazo la fertilidad de los suelos, además de mejorar la estructura del suelo, que influye en su permeabilidad y capacidad de retención de agua (Mohan, Kumar, & Nath, 2015).

Estos microorganismos durante su ciclo de vida incrementan la materia orgánica y segregan compuestos bioactivos (fitohormonas, vitaminas, aminoácidos, etc.), los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas; igualmente liberan metabolitos secundarios que ayudan al control biológico de enfermedades bacterianas y fúngicas en los cultivos. Además, se ha reportado que las cianobacterias contribuyen en la conversión de formas de fósforo insolubles a formas asimilables por las plantas (Hernández Reyes, et al., 2019).

Las cianobacterias, tanto las de vida libre como las que se encuentran en simbiosis formando líquenes, representan la principal fuente de nitrógeno en suelos de algunos ecosistemas áridos. Se ha demostrado en desiertos de China, que el nitrógeno fijado por cianobacterias es transferido a las plantas vasculares, beneficiando su crecimiento (Corvalán, Taboada, & Aranibar, 2018).

La aplicación de cianobacterias en cultivos agrícolas de interés comercial ha permitido aumentar los rendimientos y productividad de los cultivos, reducir la aplicación de fertilizantes de síntesis química, reducir el estrés hídrico y salinidad en plantas que crecen en condiciones no óptimas y mejorar la calidad del suelo. Existen géneros como *Nostoc*, *Tolypothrix*, *Anabaena* y *Aulosira* que han demostrado múltiples beneficios en arrozales. Por otro lado también se destacan la inoculación en cebada, trigo, avena, rábano, pepino, tomate, calabaza, algodón, caña de azúcar, chile y lechuga (Seyed, et al., 2013).

Igualmente, es válido destacar que las cianobacterias empleadas como biofertilizantes se consideran seguras

y su uso no resulta perjudicial en procesos ecológicos o ambientales (Hernández Benítez & Araujo Vidal, 2016).

Aunque existen estudios de especies como *Tolypothrix tenuis* sp., *Microchaetetenera* sp. y *Nostoc* sp. que lograron un aumento en algunas actividades enzimáticas del suelo y en el crecimiento y rendimiento de maíz (Hernández Reyes, et al., 2019), en nuestro país no se reportan evidencias de investigaciones relacionadas con el uso de las costras biológicas del suelo dominadas por cianobacterias como una alternativa biológica en la fertilización de cultivos de maíz, la presente investigación busca ampliar el conocimiento acerca del efecto de CBS como biofertilizante para encontrar una alternativa biológica que permita suplir la demanda de nitrógeno en los cultivos de interés económico, es por ello que como objetivo de este trabajo, evaluar el efecto fertilizante de las Costras Biológicas del Suelo dominadas por cianobacterias, de la cachaza y la combinación de ambos, mediante la determinación del comportamiento de las variables morfoagronómicas del cultivo del maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación de tipo experimental se realizó en el período de septiembre del 2020 a octubre del 2021, en condiciones semicontroladas, teniendo en cuenta las restricciones de movilidad de personas y cierre total de las universidades, medidas tomadas por el país y por la provincia debido a las condiciones epidemiológicas de la pandemia Covid-19, se decidió montar el experimento en áreas del jardín del autor en el municipio de Lajas, provincia de Cienfuegos, Cuba.

### *Selección de las Costras Biológicas del Suelo (CBS) dominadas por cianobacterias*

Para la selección de estas estructuras nos apoyamos en muestras conservadas de CBS del Laboratorio de Microbiología del Departamento de Ciencias Biológicas Aplicadas, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, previamente recolectadas e identificadas en otras investigaciones.

Para corroborar la selección se humedecieron 32 muestras según la técnica de hidratación empleada por Mendoza Aguilar (2014) colocando un fragmento de CBS en una caja de Petri y se le agregó agua destilada hasta recubrirla totalmente, se dejó reposar 24 horas para alcanzar el nivel máximo de hidratación, luego se realizaron observaciones en fresco a simple vista en base a pruebas morfológicas y anatómicas siguiendo a Eldridge & Rosentreter (1999), procediendo después a su selección bajo microscopio estereoscópico.

### *Diseño experimental*

Para evaluar el efecto como biofertilizantes de las Costras Biológicas del Suelo (CBS) dominadas por cianobacterias, se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con semillas de maíz (*Zea Mays*, L.)

de la variedad MAIG-Dorado procedentes de la UBPC La Lima del municipio de Lajas y diferentes tratamientos (Tabla 1) de suelo, CBS dominadas por cianobacterias y cachaza la cual se obtuvo del Central Ciudad Caracas, del mismo municipio, de un plato exterior, de la zafra del año 2019, fue una cachaza vieja por lo que estaba deshidratada y fermentada.

Se consideraron ocho tratamientos con seis repeticiones, incluyendo el control, los tratamientos fueron los siguientes:

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	% de sustrato orgánico mezclado
T1	Testigo 100% suelo
T2	50 %suelo50%CBS
T3	50% suelo50%cachaza
T4	75% suelo25% CBS
T5	75% suelo25% cachaza
T6	50% suelo25% CBS25% cachaza
T7	50% suelo30% CBS20% cachaza
T8	50% suelo20% CBS30% cachaza

### *Caracterización del suelo*

La información sobre la clasificación del suelo se obtuvo en la Delegación municipal del Minag del municipio Lajas, específicamente del estudio de Suelos a escala 1:25000 según la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba del Instituto de Suelos concluido en 1989. La misma fue correlacionada con la Nueva Versión de Clasificación Genética de suelo de Cuba de Hernández Jiménez, et al., (2015).

El suelo fue previamente secado al sol y eliminado toda clase de restos de tallos y hojas. *Trituración de las Costras Biológicas del Suelo (CBS) dominadas por cianobacterias*

Para el experimento se tomaron las costras previamente seleccionadas con dominancia de cianobacterias y fueron trituradas según el método empleado por García, Aranibar, & Villagra (2021), en el cual se seleccionó una sección equivalente de CBS (4 cm<sup>2</sup>) y se trituró con mortero.

### *Preparación de las bolsas*

Las 48 bolsas de nylon de 12,7cm de ancho y 20,2cm de largo, fueron llenadas con 750 gramos aproximadamente de sustrato homogéneamente mezclado de manera manual y regadas cinco días previos a la siembra del cultivo para propiciar un ambiente adecuado para el desarrollo de la CBS, según plantea García, Aranibar, & Villagra (2021) y para el cultivo de maíz García López, Ruiz Torres, & Lira Saldivar (2020).

### Selección y preparación de las semillas

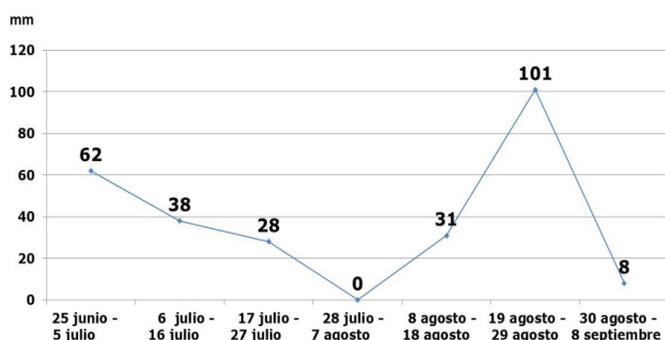
Se seleccionaron las mejores semillas de forma visual que no presentaran malformaciones, ni tejidos dañados, también que no estuvieran infectadas por algún hongo siguiendo a García López, Ruiz Torres, & Lira Saldivar (2020) seguidamente estas semillas se colocaron en agua para hidratarlas por 24 horas, luego se le realizó desinfección química con solución jabonosa por 3 minutos, hipoclorito al 4% por 1 minuto y agua destilada estéril por 1 minuto metodología empleada por Hernández Benítez & Araujo Vidal (2016).

### Siembra de las semillas

Seguidamente se procedió a sembrar una semilla por bolsas, a una profundidad de cinco a ocho veces el diámetro de la semilla, para este tipo de cultivo.

### Riego

Para el riego se tuvo en cuenta las precipitaciones en el periodo experimental, según muestra la figura 1, en los días donde no hubo precipitaciones se realizó el riego de forma manual por el método de inundación, para ello se utilizó agua de lluvia almacenada.



**Figura 1.** Precipitaciones en el periodo comprendido del 25 de junio al 8 de septiembre del 2021 medido por el Pluviómetro 913 del municipio de Lajas

### Selección de las variables morfo agronómicas a medir

El periodo experimental fue de 54 días pues es este el tiempo de duración de la fase de desarrollo vegetativo del cultivo del maíz (Oñate Zúñiga, 2016) iniciándose con la siembra de la semilla el 30 de junio de 2021, en intervalos de 8 controles cada 6 días para cada variable.

Se seleccionaron tres variables morfo agronómicas: (Número total de hojas, altura y diámetro del tallo por planta)

### Número total de hojas por planta

Se determinó mediante un conteo visual directo el número total de hojas que aparecen en el tallo de la planta, desde la base del tallo, en el suelo, hasta la hoja bandera.

### Altura de planta

Se midió con una cinta métrica la distancia en centímetro desde la base del tallo hasta la hoja bandera.

### Diámetro del tallo

Se miden con pie de rey en centímetros en la base del tallo ya que este disminuye en sentido ascendente.

### Otros indicadores a medir

Aparición del coleóptilo sobre la superficie del suelo y desarrollo radicular fueron otros de los indicadores a medir ya que según Hawkes (2003) las CBS pueden influir sobre la germinación de las semillas de plantas vasculares.

### Aparición del coleóptilo sobre la superficie del suelo

Se determinó la cantidad de días mediante observación visual cuando el coleóptilo brota sobre la superficie del suelo a partir del día de haber plantado la semilla (Oñate Zúñiga, 2016).

### Desarrollo radicular

A los 54 días se procedió a la extracción de las raíces para verificar su estado, el desarrollo de raíces adventicias y pelos adsorbentes, presencia o no de nematodos u otras enfermedades además, se midió la longitud de la raíz en centímetros desde la base de emergencia hasta el ápice radical con una regla milimetrada y se procedió a secar en la estufa hasta obtener un peso seco constante.

### Análisis estadístico

Las variables anteriormente descritas, fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar el comportamiento de la aplicación de las diferentes dosis de suelo, cachaza y costra biológica de suelo, además se decide utilizar la Prueba de Múltiple Rangos (LSD) que es la diferencia mínima que debe haber entre dos medias muestrales para considerar que dos tratamientos son diferentes, ambas pruebas se realizaron para los tratamientos y repeticiones utilizando el software Statgraphics Centurion XV versión 15.2.14. Los valores de P establecidos fueron de 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Selección de las costras biológicas del suelo (CBS) dominadas por cianobacterias

Un total de 22 muestras presentaban alguna semejanza con las características morfológicas de cianobacterias, teniendo en cuenta el sistema de clasificación propuesto por Belnap, Rosentreter, & Leonard (2001), el cual está basado en la morfología externa de la costra, por ser este sistema más fácil para distinguir su estructura externa. En este caso presentaban color variada de acuerdo a las morfoespecies dominantes, en la gama de colores desde parduzcas intensas, pardo verdoso o pardo negruzco,

verde oscuro hasta tonalidades claras con aspecto liso y gelatinoso, coincidiendo con el criterio expuesto en investigaciones de Castillo-Monroy & Maestre (2011).

### Caracterización del suelo

El tipo de suelo utilizado como sustrato es Pardo con Carbonatos Típico, según los criterios de clasificación establecidos en la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (IS, 1989).

Al correlacionarse la misma con la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández Jiménez, et al., 2015), se trata de un suelo Pardo Sialítico Mullido

### Variables morfo agronómicas a medir

El análisis de varianza (ANOVA), evidencia que existen diferencias en la cantidad promedio de hojas y en la altura promedio de las plantas para los diferentes tipos de tratamiento, pues el valor p es menor que la significancia prefijada  $\alpha = 0.05$ , se acepta que es diferente con un nivel del 95,0% de confianza; igualmente existen diferencias significativas para el diámetro del tallo en todos los tratamientos.

### Número total de hojas por planta

De forma general en todas las bolsas, el número de hojas por planta fue el que esperábamos, pues en investigaciones realizadas por Hernández Reyes, et al., (2019), obtuvieron resultados semejantes, utilizando cianobacterias como biofertilizantes en el cultivo del maíz azul.

La tabla 2 muestra que a los 48 días en los tratamiento dos ( 50% suelo y 50% CBS), cinco (75% suelo y 25% cachaza) y siete (50% suelo, 30% CBS y 20% cachaza) se obtuvo el número mayor de hojas (10 unidades), evidenciando la influencia de las CBS, el efecto del fertilizante orgánico y su combinación, este resultado coincide con lo que se establece para la fase vegetativa para el cultivo del maíz según Oñate Zúñiga (2016) que plantea el número de hojas de 8 a 12 unidades en la fase final de desarrollo vegetativo, así también en los tratamiento tres (50% suelo y 50% cachaza), cuatro (75% suelo y 25% CBS), seis (50% suelo ,25% CBS y 25% cachaza) y ocho (50% suelo, 20% CBS y 30% cachaza) se obtuvieron 9 hojas, mientras que el tratamiento testigo (100 % suelo) mostró 8 hojas, resultado este que no está alejado de lo reportado en la literatura.

Tabla 2. Media del número total de hojas de las plantas a los 48 días para los diferentes tratamientos

Tratamientos	Número de hojas (unidades)
T1	8
T2	10
T3	9
T4	9

T5	10
T6	9
T7	10
T8	9

De la Prueba de Múltiple Rangos (LSD), se obtiene la figura 2.

Medias con la misma letra en cada columna indican que los tratamientos son estadísticamente iguales

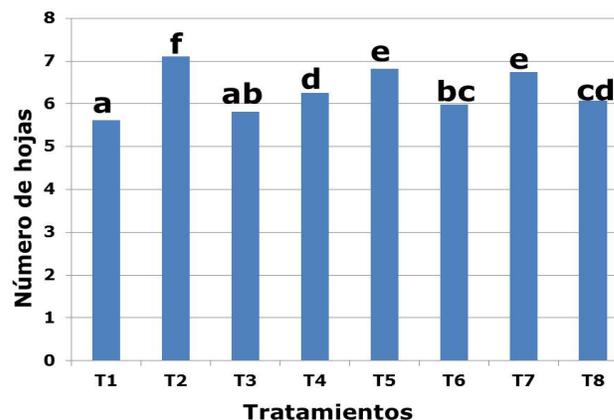


Figura 2. Pruebas de Múltiple Rangos (LSD) en el número de hojas de las plantas para los diferentes tratamientos

En la figura anterior se observa que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza para el número total de hojas por planta para los diferentes tratamientos (Medias con la misma letra en cada columna indican que los tratamientos son estadísticamente iguales).

De esta forma, se puede plantear que, según el análisis estadístico, se desarrolla un mayor número de hojas cuando el suelo es tratado con 50% de CBS (T2).

### Altura de la planta

Con respecto a la altura de la planta podemos observar en la tabla 3 una tendencia a una mayor altura en todos los tratamientos con respecto al control, siendo en los tratamientos con presencia de costra (T2), cachaza (T5) y la combinación de 30% de costra y 20 % de cachaza (T7), donde se obtuvieron los mayores resultados.

Tabla 3. Media de la altura de las plantas a los 48 días para los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)
T1	70,3
T2	119,5
T3	83,3
T4	76,0
T5	109,3
T6	90,8

T7	119,8
T8	89,8

Estos resultados coinciden con el criterio planteado por Hernández Reyes, et al., (2019), donde observó mayor altura de planta en el tratamiento con cianobacterias aisladas de suelos agrícolas desde las primeras semanas de cultivo del maíz azul.

Por otra parte Hernández Benítez & Araujo Vidal (2016) también en su diseño experimental aplicado al cultivo de maíz observó que al inocular la cianobacteria obtuvo un aumento en el ritmo de crecimiento de la planta, presentando una diferencia del 40% en comparación con otro cultivo fertilizado con urea.

De la Prueba de Múltiple Rangos (LSD), (Figura 3).

Medias con la misma letra en cada columna indican que los tratamientos son estadísticamente iguales

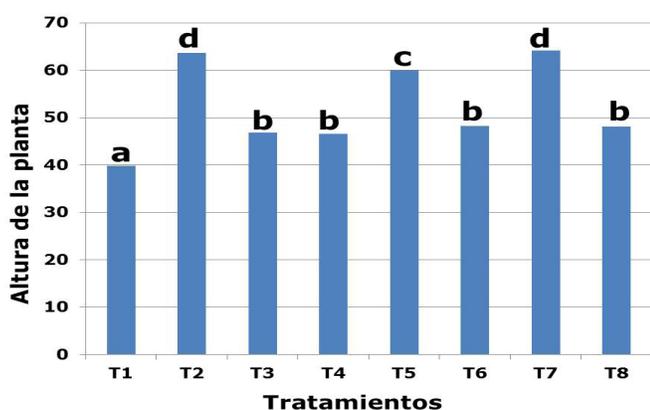


Figura 3. Pruebas de Múltiple Rangos (LSD) en la altura de las plantas para los diferentes tratamientos

Existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza para la altura promedio de la planta en los diferentes tratamientos (Medias con la misma letra en cada columna indican que los tratamientos son estadísticamente iguales). Los tratamientos con 50% de CBS (T2) y la combinación de 30% de CBS y 20% de cachaza (T7), aunque no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas, y son los que mayores influyeron en la altura de la planta, destacándose el T7 (50% suelo, 30% CBS y 20% cachaza) donde se obtuvo la mayor altura de la planta con respecto al resto de los tratamientos.

Por otra parte se encontró diferencias significativas entre los grupos de tratamientos (T3, T4, T6, T8), T5, T2 y T7 con respecto al control.

Sin embargo, estos resultados no se corresponden con los encontrados por Emilio Forero, Fernández, & Álvarez Herrera (2010) al evaluar diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz, donde en la medida que aumentaban la dosis de cachaza así se expresaba en altura de la planta.

Lo antes planteado pudiera deberse según Zérega, (1993) a que la alta relación carbono/nitrógeno (C/N) que

comúnmente presenta la cachaza, provoca la inmovilización del nitrógeno nativo y el aplicado como fertilizante en el suelo, por parte de microorganismos heterotróficos que proliferan en estos casos, lo cual determina la fecha relativa de aplicación de este material de origen orgánico y la posterior liberación del nitrógeno, antes indicada. La aplicación de cachaza, puede retrasar el crecimiento de las plantas cuando es incorporada en el momento de la siembra, a menos que se agregue una dosis posterior reforzada de nitrógeno (20% adicional).

Pudiéramos considerar que la altura de la planta alcanzada en los tratamientos T2 y T7, podría deberse a que las cianobacterias producen sustancias adhesivas, excreción de sustancias que promueven el crecimiento, como hormonas (auxina, giberelina), vitamina B<sub>12</sub>, aminoácidos, aumento de la capacidad de retención de agua a través de la estructura de los exopolisacáridos; coincidiendo con el criterio planteado por Hernández Reyes, et al., (2019).

Podemos afirmar que los tratamientos T2 y T7, son en los que mejores resultados se obtuvo, pues estadísticamente la altura de la planta es mayor para estos tratamientos de suelo.

#### Diámetro del tallo

Considerando la otra variable morfo agronómica, diámetro del tallo, de igual forma que en las variables anteriormente evaluadas se obtuvo un comportamiento con tendencia al aumento con respecto al control, sin embargo, las plantas mostraron un mayor diámetro del tallo cuando los tratamientos fueron con el mayor porcentaje de costras (50%), lo que implica mayor rigidez, con el fin de evitar el vuelco (Tabla 4).

Tabla 4. Media del diámetro del tallo de las plantas a los 48 días para los diferentes tratamientos

Tratamientos	Diámetro del tallo (cm)
T1	1,7
T2	2,1
T3	1,8
T4	1,9
T5	2,0
T6	1,9
T7	2,0
T8	1,9

Por su parte, Hernández Reyes, et al., (2019) obtuvo plantas del cultivo de maíz azul, que mostraron un tallo con mayor diámetro cuando fueron fertilizadas químicamente, que con el tratamiento de cianobacterias y con el de Azospirillum.

De la Prueba de Múltiple Rangos (LSD), se obtiene la Figura 4.

Medias con la misma letra en cada columna indican que los tratamientos son estadísticamente iguales

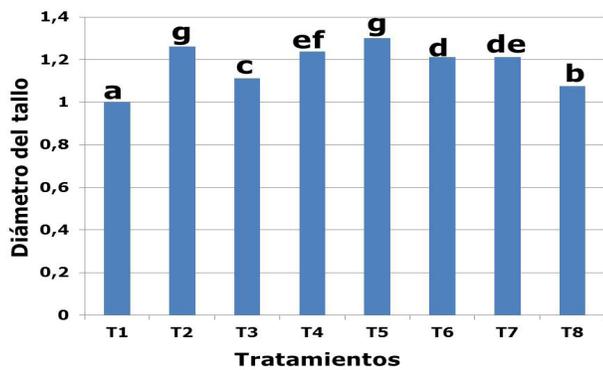


Figura 4. Pruebas de Múltiple Rangos (LSD) para el diámetro del tallo de las plantas para los diferentes tratamientos

De la figura anterior se puede concluir que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza para el diámetro promedio del tallo de la planta para los diferentes tratamientos (Medias con la misma letra en cada columna indican que los tratamientos son estadísticamente iguales).

Del análisis anterior podemos plantear que estadísticamente el diámetro promedio del tallo de la planta es mayor cuando es aplicado el tratamiento con 50% de CBS (T2) y el tratamiento con 25% de cachaza (T5) y en nuestra investigación el tratamiento T3 (50% cachaza), no resultó el de mayor diámetro, no coincidiendo estos resultados con los obtenidos por Emilio Forero, Fernández, & Álvarez Herrera (2010), donde se correspondió que entre mayor porcentaje de cachaza es mayor grosor del tallo.

#### Otros indicadores a medir

En lo que respecta a la aparición del coleóptilo sobre la superficie del suelo en sentido general los resultados no coincide con lo reportado por Oñate Zúñiga (2016) que establece para este cultivo una duración aproximada de 5 a 7 días desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, obteniendo en esta investigación una aparición entre dos y tres días según muestra la tabla 5 para todos los tratamientos, no existiendo diferencias en cuanto a la presencia de costras o cachaza.

Esta diferencia de criterio según Deras Flores & Flor de Cerrano (2018) puede estar relacionada con el ciclo vegetativo del maíz, en el cual se plantea que puede variar de acuerdo a la localidad, época de siembra y manejo del cultivo.

Tabla 5. Medias de la aparición del coleóptilo sobre la superficie del suelo para los diferentes tratamientos

Tratamientos	Aparición del coleóptilo (días)
T 1	3
T 2	2
T 3	3

T 4	2
T 5	2
T 6	2
T 7	2
T 8	2

En otras investigaciones realizada por Boeken, et al., (2004) observaron los efectos positivos de la CBS sobre la germinación en plantas vasculares, teniendo en cuenta que la emergencia del coleóptilo se considera como una etapa de la germinación, que puede ocurrir en uno o varios días, aspecto este que coincide con los resultados de la investigación para todos los tratamientos.

Por otra parte Rivera Aguilar, et al., (2005) demuestran en una investigación que la germinación de dos especies de plantas vasculares en suelos dominados por CBS fue significativamente positiva bajo condiciones controladas en un experimento de laboratorio realizado en México, resultados que coinciden con este estudio pues en los tratamientos con presencia de costra (T2 50%; T4 y T6 25%; T7 30%; T8 20%) apareció el coleóptilo de manera general a los dos días.

Sin embargo, Hawkes (2003) plantea que los microorganismos de las costras pueden producir inhibidores de hongos y bacterias que podrían reducir el ataque microbiano sobre las semillas, pero estas sustancias químicas pueden también directamente inhibir la germinación y el crecimiento de las plántulas no sucediendo así en este estudio.

El desarrollo radicular es débil al principio del período vegetativo (Oñate Zúñiga, 2016) sin embargo se muestra un mejor desarrollo radicular manifestándose con abundantes raíces adventicias y pelos adsorbentes en los tratamientos T2 (50% suelo 50% CBS), T3 (50% S y 50% cachaza); T4 (75% suelo y 25% costra); T7 (50% suelo, 30% costra y 20% cachaza) además del buen estado de salud al no presentar características de enfermedades como necrosis, raíces escasas, puntas de raíz curvadas en forma de gancho, no se aprecia ningún hinchamiento de forma definida.

Estos resultados coinciden con lo investigado por Mendoza, Aguilar (2014) al obtener efectos notorios en el enraizamiento de las plántulas en las que el sustrato contiene alta cobertura de costras biológicas como se muestra en la tabla 6, el tratamiento 2 obtiene una mayor longitud y peso seco a los 54 días pues este es de todos los tratamientos el que presenta un 50% de CBS.

Tabla 6. Longitud y peso seco de las raíces

Tratamientos	Longitud cm.	Peso seco g.
T1	21	0,37
T2	36	1,22
T3	27	0,83

T4	25	1,16
T5	30	0,48
T6	24	0,52
T7	25	0,89
T8	26	0,67

Con todos estos resultados es importante señalar que el tratamiento 2 resultó ser el más efectivo en la evaluación de las tres variables estudiadas, sin embargo es interesante destacar que las combinaciones de CBS 30% con cachaza 20% (T7) también podría resultar beneficioso a la hora de fertilizar el suelo pues los resultados también fueron alentadores y es conveniente no despreciar este tratamiento y considerarlo como otra alternativa.

## CONCLUSIONES

La identificación de las Costras Biológicas del Suelo (CBS) en el banco del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Agrarias arrojó la presencia de 22 muestras de CBS con dominancia de cianobacterias.

El tratamiento dos (T2) con 50% de CBS resultó ser estadísticamente de mayor influencia sobre las variables morfo agronómicas evaluadas, aunque las combinaciones de 30% CBS con cachaza 20% (T7) también pudieran ser utilizadas en la fertilización del cultivo.

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 la altura de la planta, diámetro del tallo, aparición del coleóptilo y desarrollo radicular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, B. D. (2009). Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Editorial Universidad.
- Belnap, J., Rosentreter, R., & Leonard, S. (2001). Biological Soil Crust: Ecology and Management. Berlin: Springer-Verlag, 3-33.
- Boeken, B., Ariza, C., Gutterman, Y., & Zaady, E. (2004). Environmental factors affecting dispersal, germination and distribution of *Stipacapensis* in Negev Desert, Israel. *Ecological Research*, 19, 533-540.
- Castillo-Monroy, A., & Maestre, F. (2011). La costra biológica del suelo: Avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista chilena de historia natural*, 84(1), 1-21.
- Corvalán Videla, M., Taboada, M., & Aranibar, J. (2018). Diversidad de cianobacterias en costras biológicas de suelo de la ecorregión del Monte Central (Mendoza, Argentina). *Lilloa*, 52(2), 36-46.
- Deras Flores, H., & Flor de Cerrano, R. (2018). Guía sobre el cultivo del maíz (CENTA). El Salvador.

- Eldridge, D., & Rosentreter, R. (1999). Morphological groups: A framework for monitoring microphytic crusts in arid landscapes. *J. Arid Environ*, 41, 11-25.
- Emilio Forero, F., Fernández, J., & Álvarez Herrera, J. (2010). Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo del maíz (*Zea mays*). *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 77-86.
- García López, J., Ruiz Torres, N., & Lira Saldivar, R. (2020). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas.
- García, V., Aranibar, J., & Villagra, P. (2021). Propagación de distintos tipos funcionales de la costra biológica del suelo del desierto del Monte, Argentina. *Ecología Austral*.
- Hawkes, C. V. (2003). Microorganismos del suelo, plantas en peligro de extinción y la conservación del Matorral de Florida. *Ecosistemas*, 2. <http://www.aeet.org/ecosistemas/032/investigacion3.htm>
- Hernández Benítez, R., & Araujo Vidal, D. (2016). Cianobacterias: una alternativa para aumentar la competitividad agrícola y seguridad alimentaria de la guajira colombiana. *Ciencia e Ingeniería*, 3(2).
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J., Bosh Infante, D., & Castro Speck, N. (2015). Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelo de Cuba
- Hernández Reyes, B., Rodríguez Palacio, M., Castilla Hernández, P., Sánchez Robles, J., Vela Correa, G., & Schettino Bermúdez, B. (2019). Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(1), 13-27.
- Mendoza Aguilar, D. O. (2014). Costras biológicas del suelo en ecosistemas semiáridos: composición, rendimiento fisiológico y efecto en la germinación de plantas. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Mohan, A., Kumar, B., & Nath, D. (2015). Cyanobacterial consortium in the improvement of maize crop. *Int. J. Curr. Microbiol. App*, 264-274.
- Oñate Zúñiga, L. (2016). Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*zea-mays*) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de Ambato).
- Rivera Aguilar, V., Godínez Álvarez, H., Manuel Cacheux, I., & Rodríguez Zaragoza, S. (2005). Physical effects of biological soil crusts on seed germination of two desert plants under laboratory conditions. *Journal of Arid Environments*, 63, 344-352.

- Seyed, H., Ghassempour, A., Riahi, H., Shariatmadari, Z., & Khanjir, M. (2013). Endogenous auxins in plant growth-promoting Cyanobacteria—*Anabaena vaginicola* and *Nostoccalcicola*. *J. Appl. Phycol*, 25, 379-386.
- Valcárcel, F., & Díaz, A. (2014). Tecnología realizadas con biofertilizantes. *Boletín Tecnológico*.
- Zérega, L. (1993). Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de Azúcar*, 11(2), 71-92.

# 02

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

## ACLI MATIZACIÓN DE VITROPLANTAS DE BANANO CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

## ACCLIMATIZATION OF VITROPLANTS OF BANANA WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI

Juan Carlos Escaleras-Medina<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5384-0829>

Sara Enid Castillo Herrera<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3108-0296>

Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta<sup>2</sup>

E-mail: [adriana.sanchez@utm.edu.ec](mailto:adriana.sanchez@utm.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3108-0296>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Universidad del Zulia, Venezuela

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Escaleras-Medina, J. C., Castillo Herrera, S. E., Sánchez-Urdaneta, A. B. (2022). Aclimatización de Vitroplantas de banano con hongos Micorrízicos Arbusculares. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 15-23. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

### RESUMEN

El sistema de producción de plantas por cultivo *in vitro*, amerita alternativas de manejo para una mayor obtención de plantas durante la aclimatización *ex vitro*. Las micorrizas son hongos del suelo y las raíces que mejoran el crecimiento, estado nutricional de las plantas y aumentan su resistencia. Se evaluó la aclimatización de vitroplantas de banano cv. Willians con sustratos provenientes de agroecosistemas de producción bananera, inoculados con hongos micorrízicos arbusculares. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial 3x4x2. Los factores de estudio fueron: muestreo, suelo y micorriza, con 24 tratamientos, cinco repeticiones y tres tratamientos testigo. La unidad experimental estuvo representada por una planta. Las variables morfológicas evaluadas fueron: longitud de la raíz, altura de la planta, número de hojas y contenido de clorofila. Se encontraron diferencias estadísticas para todas las variables estudiadas. En los sustratos orgánicos, con presencia de micorrizas se presentó la mayor longitud de las raíces (38,72 cm), altura de las plantas (8,03 cm), número de hojas (6,92) y contenido de clorofila (42,75). Se concluye que la inoculación con hongos micorrízicos (*Acaulospora* sp.) y suelos orgánicos en plantas de banano generan mayor adaptación de las plantas, tolerando condiciones de campo al ser trasplantadas.

### Palabras clave:

Asociación simbiótica, plantas adaptadas, calidad de plantas, crecimiento.

### ABSTRACT

The plant production system by *in vitro* culture, requires management alternatives for a greater obtaining of plants during *ex vitro* acclimatization. Mycorrhizae are soil and root fungi that improve growth, nutritional status of plants and increase their resistance. The acclimatization of vitroplants of banana cv. Willians with substrates from banana production agroecosystems, inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. A completely randomized experimental design was used, with a 3x4x2 factorial arrangement. The study factors were: sampling, soil and mycorrhiza, with 24 treatments, five repetitions and three control treatments. The experimental unit was represented by a plant. The morphological variables evaluated were: root length, plant height, number of leaves and chlorophyll content. Statistical differences were found for all the variables studied. In the organic substrates, with the presence of mycorrhizae, the greatest root length (38.72 cm), plant height (8.03 cm), number of leaves (6.92) and chlorophyll content (42.75 SPAD). It is concluded that the inoculation with mycorrhizal fungi (*Acaulospora* sp.) and organic soils in banana plantations generate greater adaptation of the plants, tolerating field conditions when transplanted.

### Keywords:

Symbiotic association, adapted plants, plant quality, growth.

## INTRODUCCIÓN

La biotecnología a través de la técnica de cultivo de tejidos *in vitro*, ha utilizado la micropropagación a partir de meristemos, este sistema permite la propagación masiva de clones específicos, garantiza alta calidad, mayor uniformidad y la obtención de plántulas libres de patógenos, mitigando las pérdidas causadas por plagas y enfermedades (Cruz-Rosero et al., 2016).

Aun ante las ventajas asociadas a la micropropagación de material vegetal *in vitro*, las causas de que su uso no se haya generalizado completamente, se encuentra asociado a los elevados costos de producción, que incluyen laboratorios especializados y estructuras para el endurecimiento del material previo a la plantación, cuidados extras y establecimiento de las plantas en campo y la incidencia de variaciones somaclonales (Wong et al., 2017).

Los cultivares de banano del subgrupo Cavendish utilizados en plantaciones comerciales destinadas a la exportación y en las plantaciones establecidas más recientemente de bananos de otros cultivares se utilizan plántulas obtenidas por cultivo *in vitro* (Galán et al., 2018). En este sentido, en estos sistemas de producción de bananos, la transferencia de plántulas de condiciones *in vitro* a *ex vitro*, se han evidenciado pérdidas entre el 70 al 90%, lo cual ha sido asociado con la presencia de tejidos poco desarrollados, cutículas y estomas no funcionales y un sistema radical débil que incrementa la susceptibilidad a la deshidratación por estrés hídrico (Galán et al., 2018).

Esto ha llevado a establecer un acompañamiento con estrategias de aclimatación y endurecimiento, desde las fases finales del cultivo *in vitro* (enraizamiento) de forma que puedan aumentarse las tasas de supervivencia que permitan garantizar el mantenimiento de dicho material en las fases posteriores del proceso, como el control de las condiciones ambientales en la fase de aclimatación (Mora-González et al., 2021).

Las vitroplantas de banano se encuentran expuestas desde el inicio de su producción a microambientes seleccionados para lograr óptimas condiciones de desarrollo, estas crecen dentro de envases de vidrio de cultivo, bajo condiciones asépticas y con reducida intensidad luminosa, lo cual dificulta en gran manera la transferencia de las plantas del ambiente *in vitro* a condiciones naturales más adversas en vivero lo cual requiere de su endurecimiento y aclimatación (Indacochea et al., 2017).

La fase de aclimatación representa un reto, ya que requiere de un ambiente controlado para lograr el establecimiento *ex vitro* de las plantas micropropagadas, condiciones que hacen costosa la adopción de esta tecnología por parte de los productores y casas comerciales que abastecen a los productores de vitroplantas (Valencia et al., 2019).

Por ello, se han venido implementado estrategias para reducir el estrés durante el trasplante en la fase de aclimatación, a fin de garantizar un crecimiento más rápido del material vegetal originado en cultivo *in vitro* y luego

propagado en condiciones de vivero o invernadero, dentro de las cuales el uso de la asociación con microorganismos benéficos como los hongos formadores de micorrizas arbusculares, se ha implementado con éxito en plantas micropropagadas con una alta dependencia de las relaciones micorrízicas, logrando incrementos en la tasa de crecimiento (Folli-Pereira et al., 2013; Koffi & Declerck, 2015; Ortas et al., 2017).

Es importante destacar, que de acuerdo con Brundrett & Tedersoo (2018), los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son reconocidos como endófitos obligados que establecen asociaciones simbióticas con el 80% de las plantas terrestres. Por su parte, Sivakumar (2013) ha señalado que estos microorganismos forman parte trascendental del microbiota de los agroecosistemas influyendo en la dinámica poblacional y comunidades de especies vegetales; además, aumentan la absorción y movilización de los nutrientes para potenciar la respuesta de la planta a diferentes tipos de estreses bióticos y abióticos.

Ortas et al. (2017) indicaron que al utilizar hongos micorrízicos arbusculares en plantas de banano obtenidas a través de tejidos meristemáticos (plántulas *in vitro*), estas durante la fase de aclimatación registraron mayor grosor y crecimiento del pseudotallo, a la vez que incrementaron en las hojas el contenido de nitrógeno y fósforo.

Las plántulas inoculadas con hongos micorrízicos presentaron una mayor actividad fotosintética, clorofila, contenidos de N, P y K foliar elemental, biomasa seca foliar, área foliar y diferencias en la distribución del carbono en comparación con las plántulas sin micorrizar. Además, la colonización rápida de estos hongos mejoró los ajustes fisiológicos, lo que permitió a las plántulas recuperarse rápidamente durante la aclimatación y obtener un mayor crecimiento durante la post-aclimatación (Teixeira da Silva et al., 2017).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la aclimatación de vitroplantas de banano (*Musa x paradisiaca*) cv. Willians con sustratos provenientes de agroecosistemas de producción bananera, inoculados con hongos micorrízicos arbusculares.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Descripción de las condiciones experimentales*

Las muestras de suelo convencional fueron recolectadas de la Unidad Experimental Santa Inés, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, provincia de El Oro, Ecuador, caracterizada por un manejo agronómico con uso frecuente de agroquímicos. La unidad de producción cuenta con una superficie de 40 ha. Las siguientes características edafoclimáticas describen el área de estudio: ubicación de 03°21'47" S y 79°50'38" O, con temperaturas promedios de 17,5 °C, hasta alcanzar los 26 °C, precipitación media anual de 2.820 mm, con 80% de humedad relativa, suelos clasificados como franco-arcillosos de

origen aluvial sedimentario, con clima tropical de sabana (aw).

Con respecto a los suelos caracterizados como suelos orgánicos, fueron recolectadas de la Hacienda "Los Ángeles" localizada en el sur-oeste entre el cantón Pasaje y Buena Vista, localizada en el sur-oeste del cantón Pasaje; se extiende sobre una llanura de 46 Km<sup>2</sup>. a una altura de 24 msnm; limita al norte con la parroquia La Peaña, al sur con el río Buenavista, al este con la cabecera. Las características agroecológicas de la zona fueron: ubicación 03°21'47" S y 79°50'38" O, con clima tropical de sabana (aw).

Se recolectaron muestras de la rizosfera de cultivo de banano en ambas condiciones de suelo, haciendo un recorrido en zig-zag, recolectando tres submuestras cada 200 m<sup>2</sup>, para un total de 30 muestras compuestas. Las muestras fueron tomadas a 15 cm de profundidad (horizonte A), y guardadas en fundas de polietileno debidamente marcadas. Posteriormente las muestras se unificaron, tomando un kg como muestra representativa de la zona para su posterior procesamiento en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Las muestras de suelo recolectadas fueron subdivididas en dos grupos orgánico y convencional (SO y SC) según el tratamiento respectivo. Las muestras correspondientes a los tratamientos esterilizados, fueron colocadas en el autoclave a una temperatura de 121 °C, por un periodo de 1 hora. Dejándose reposar para posteriormente llenar las fundas según el tratamiento respectivo

### *Característica del material vegetal*

Se utilizaron vitroplantas de *Musa x paradisiaca* (AAA) variedad Willians provenientes de la Biofábrica de la Sociedad Ecuatoriana de Bioctenología (SEBIOCA), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Las cuales tenían cuatro semanas de edad fenológica cuando fueron adquiridas (plantas en bandeja) y presentaron características morfológicas uniformes de altura (4 a 5 cm), entre 3 a 4 hojas funcionales y grosor del tallo de 3,5 cm, fueron inoculadas en esa cuarta semana y dos semanas después de la inoculación se iniciaron las evaluaciones, llegando a las ocho semanas de edad al tiempo final de aclimatización.

### *Siembra e inoculación de las vitroplantas*

Las bandejas de propagación con las vitroplantas fueron limpiadas y separadas según la uniformidad de sus características, se realizó una medición inicial de altura de planta, número de hojas y grosor de tallo garantizar la homogeneidad de las plantas en el crecimiento vegetativo inicial.

Posteriormente las plántulas seleccionadas fueron trasplantadas a fundas agroecológicas negras de 1 kg de capacidad, conteniendo el sustrato en una relación 3:1 suelo y turba. Las cuáles fueron distribuidas según el tratamiento respectivo. Las plántulas correspondientes a los tratamientos inoculados se le colocó 5 g de inóculo micorrizico (*Acaulospora* sp.), todas las plántulas fueron mantenidas bajo condiciones controladas en el Vivero del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, para su adaptación final durante un periodo de 4 semanas donde concluyó su evaluación.

Finalmente, las plantas se extrajeron cuidadosamente de las fundas, asegurando que los órganos subterráneos raíces adheridas y los órganos aéreos (pseudotallo y hojas) no sufrieran ningún daño. Después a cada planta se le separaron sus diferentes órganos (raíz, tallo y hojas), estos se midieron y pesaron en fresco; para luego tomar una muestra de cada uno y llevarlos a la estufa para obtener sus pesos secos, para así estimar la producción de biomasa y el resto de variables indicadoras en estudio.

### *Metodología estadística*

La unidad experimental estuvo representada por una funda con una planta de banano. Se estudiaron los factores tipo de suelo (cuatro tipos de suelo, generados por la combinación de dos tipos de suelo, orgánico y convencional, esterilizados y no esterilizados), combinados con dos niveles de micorriza (con y sin micorriza), más tres tratamientos testigo, generando once tratamientos, los cuales se muestrearon (recolectaron) en tres tiempos diferentes (plantas muestreadas a las dos, tres y cuatro semanas). Se realizó un análisis de varianza en dos etapas.

En la primera se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de dos factores: tratamientos (11) y muestreo (3); los once tratamientos se generaron a partir de un diseño factorial 4X2 más tres testigos. Este análisis permitió probar la significancia de los tratamientos adicionales al factorial mediante contrastes ortogonales.

En el segundo análisis estadístico se estudió el efecto de los factores: muestreo (tres muestreos de plantas a las dos, tres y cuatro semanas), suelo (cuatro tipos de suelo, orgánico y convencional, esterilizados y no esterilizados) y micorriza (con y sin micorrizas), que originaron 24 combinaciones de tratamientos, con cinco repeticiones.

Para aquellos efectos que resultaron significativos se realizaron las pruebas de medias correspondientes. Los datos se procesaron con el paquete estadístico SAS (SAS® versión 15.1, 2020).

### Definición de las variables de estudio

Se evaluó la longitud de la raíz en los muestreos destructivos que se realizaron semanalmente, midiéndola desde la base hasta el ápice de la raíz, se utilizó una cinta métrica y se expresó en cm. La altura de las plantas se determinó midiendo desde la base del pseudotallo hasta la hoja del ápice, para ello se utilizó una cinta métrica y se expresó en cm. Para determinar el número de hojas, estas fueron contadas en cada evaluación.

La determinación del contenido de clorofila se realizó de acuerdo a la metodología de Castañeda et al., (2018). Para ello, se realizó el monitoreo de las plantas según el tratamiento aplicado. Se seleccionó y marcó el punto de medición en cada una de las hojas (la mitad del tercio medio de la tercera hoja) para evitar variación de los valores las mediciones fueron obtenidas de la parte basal media y apical de las hojas, con el fin de establecer el comportamiento de la concentración de clorofila en relación con la posición, se tomaron tres mediciones por hoja para posteriormente obtener un valor promedio. La concentración de clorofila se determinó a través del equipo portátil para medición no destructiva Minolta Spad-502 Plus. Las mediciones fueron realizadas tres veces por semana (interdiaria) y expresados en unidades de índice de concentración de clorofila (ICC). Las evaluaciones de todas las variables analizadas se realizaron durante cuatro semanas. Tabla 1.

Tabla 1. Definición de los tratamientos generados para estudiar la aclimatización de vitroplantas de banano bajo el efecto de muestreo, suelo y micorriza

Siglas	Tratamientos
SO1M1C1	Suelo orgánico no esterilizado inoculado con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SO1M1C2	Suelo orgánico no esterilizado inoculado con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SO1M1C3	Suelo orgánico no esterilizado inoculado con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SO1M2C1	Suelo orgánico no esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SO1M2C2	Suelo orgánico no esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SO1M2C3	Suelo orgánico no esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SC1M1C1	Suelo convencional no esterilizado inoculado con micorrizas muestreadas a las dos semanas

SC1M1C2	Suelo convencional no esterilizado inoculado con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SC1M1C3	Suelo convencional no esterilizado inoculado con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SC1M2C1	Suelo convencional no esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SC1M2C2	Suelo convencional no esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SC1M2C3	Suelo convencional no esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SO2M1C1	Suelo orgánico esterilizado inoculadas con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SO2M1C2	Suelo orgánico esterilizado inoculadas con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SO2M1C3	Suelo orgánico esterilizado inoculadas con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SO2M2C1	Suelo orgánico esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SO2M2C2	Suelo orgánico esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SO2M2C3	Suelo orgánico esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SC2M1C1	Suelo convencional esterilizado inoculadas con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SC2M1C2	Suelo convencional esterilizado inoculadas con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SC2M1C3	Suelo orgánico esterilizado inoculadas con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas
SC2M2C1	Suelo convencional esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las dos semanas
SC2M2C2	Suelo convencional esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las tres semanas
SC2M2C3	Suelo convencional esterilizado sin inoculación con micorrizas muestreadas a las cuatro semanas

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al contrastar los tratamientos generados por el diseño factorial con los tratamientos testigos no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 2; factorial versus testigo) para ninguna de las variables evaluadas. Esto permitió analizar las pruebas de medias que generó el análisis de la varianza de la tabla 3.

Tabla 2. Análisis de varianza para estudiar el efecto de los tratamientos sobre las variables de estudio

Fuentes de variación	GL	Longitud de la raíz (cm)	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Contenido de clorofila (SPAD)
Tratamiento	10	772,74*	21,46*	13,19*	279,68*
Muestreo	2	4.714,39*	133,67*	15,56*	3.908,02*
Tratamiento*-Muestreo	20	781,08	14,50	11,69*	903,32*
Covariable	1	-	0,63	3,27*	-
Factorial vs testigos	1	93,25	0,82	1,19	59,03
Sust+suelo vs SO	1	3,13	0,60	0,17	0,52
SOester vs SOnoest	1	11,52	1,86	0,30	11,97
Error	112	6.545,53	65,55	27,53	1.623,49
Total	146	3.199,00	259,78	77,61	6.934,26

\*: Efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ), SOester: Suelo orgánico esterilizado, SOnoest: Suelo orgánico no esterilizado

El análisis de varianza del diseño de tratamientos factorial indicó diferencias estadísticas significativas para la variable longitud de la raíz por efecto de los factores muestreo,

suelo y para la interacción muestreo por suelo; además de la interacción suelo por micorriza (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza del diseño experimental factorial 4x3x2 para estudiar el efecto de los tratamientos sobre las variables de estudio

Fuentes de variación	GL	Longitud de la raíz	Altura de la planta	Número de hojas	Contenido de clorofila (SPAD)
Muestreo	2	4.139,23*	107,72*	21,67*	3.438,60*
Suelo	3	284,35*	22,77*	9,77*	60,42
Muestreo*Suelo	6	476,68*	5,25	5,93*	465,04*
Micorriza	1	20,00	1,41	2,13*	74,42*
Muestreo*Micorriza	2	14,51	1,20	0,27	74,14
Suelo*Micorriza	3	360,48*	3,85	1,00	73,31
Muestreo*Suelo*Micorriza	6	153,16	2,78	0,40	168,22
Covariable	1	-	0,19	2,98*	-
Error	95	2.956,68	48,15	21,82	1.294,79
Total	119	8.405,10	193,33	65,97	5.648,94

\*: Efecto significativo ( $P \leq 0,05$ )

En la tabla 4 se muestran las medias de la interacción cosecha por suelo. Las combinaciones C3 y SO1, C3 y SO2 fueron las que presentaron la mayor longitud de las raíces con valores de 38,72 y 38,54 cm, respectivamente y se diferenciaron estadísticamente de la combinación C1 y SO1 con la menor longitud (18,94 cm), cuyo valor fue 2,04 veces mayor a esta última combinación.

Tabla 4. Prueba de Tukey aplicada a las medias ajustadas para la interacción de los factores muestreo por tipo de suelo sobre la variable longitud de la raíz

Cosecha	Suelo	Media de la longitud de la raíz (cm)	Prueba de Tukey
C3	SO1	38,72	a
C3	SO2	38,54	a
C2	SO1	32,37	ab
C3	SC2	30,91	ab
C3	SC1	30,47	ab
C2	SC1	29,85	b

C2	SO2	29,46	bc
C2	SC2	28,36	bcd
C1	SO2	21,50	cde
C1	SC1	21,43	cde
C1	SC2	20,31	de
C1	SO1	18,94	e

Hubo diferencias en la variable longitud de la raíz por efecto de la interacción muestreo por micorriza. La combinación SO1 sin micorriza presentó la mayor longitud de la raíz con un valor de 31,58 cm en comparación con la combinación SC1 sin micorriza con la menor longitud (24,17 cm), con diferencias estadísticas significativas entre ambas, el resto de las combinaciones fueron estadísticamente similares (Tabla 5). En general, las plantas establecidas en suelos orgánicos presentaron un mayor desarrollo de las raíces que aquellas que crecieron en suelos convencionales, por lo que, esto induce a propiciar la implementación de este tipo de manejo en harás de que las plantas puedan alcanzar un mayor desarrollo, lo que conllevaría a una mayor producción.

Tabla 5. Prueba de Tukey aplicada a las medias ajustadas para la interacción de los factores tipo de suelo por micorriza sobre la longitud de la raíz

Suelo	Micorriza	Media de la longitud de la raíz (cm)
SO1	Sin micorriza	31,58 a
SO2	Sin micorriza	30,38 ab
SC1	Con micorriza	30,33 ab
SO2	Con micorriza	29,29 ab
SO1	Con micorriza	28,44 ab
SC2	Con micorriza	27,20 ab
SC2	Sin micorriza	25,85 ab
SC1	Sin micorriza	24,17 b

Los resultados obtenidos en esta investigación con relación a la longitud de las raíces cuando las plantas fueron aclimatadas en suelos orgánicos con y sin la presencia de micorrizas sugieren que en ambas condiciones las plantas podrían generar un crecimiento de las raíces que les permitiría alcanzar un sistema radical profundo, con lo cual alcanzarían un mayor anclaje o soporte, una mayor exploración de las raíces en el suelo y por ende una mayor nutrición. Mientras que en el suelo convencional la presencia de micorrizas le permitió alcanzar longitudes de las raíces entre 30,33 y 27,20 cm, valores cercanos a los alcanzados en los suelos orgánicos con y sin micorrizas; no obstante, el suelo convencional sin micorrizas presentó los valores más bajos (25,85 y 24,17 cm).

Ortas et al., (2017) indicó que la utilización de abonos orgánicos, microorganismos como cepas de *Trichoderma*

spp. y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) incrementan la longitud de las raíces y el crecimiento aéreo de las plantas, que crecen en sustratos bajo las condiciones indicadas, lo cual fue similar a lo encontrado en esta investigación.

Mora-González et al., (2021) señalaron que la mayor longitud radical se presentó en el tratamiento en el cual aplicaron abonos orgánicos, microorganismos y hongos micorrízicos donde la longitud de las raíces fue de 45 cm, con diferencias estadísticas significativas al compararlo con el testigo (25 cm). En ese sentido, fue atribuido el crecimiento radical desarrollado a la inoculación con las micorrizas arbusculares nativas, debido al alto porcentaje de micorrización que se presentó al analizar el sustrato.

Al momento de establecer en campo, las plántulas producidas *in vitro* es cuando se presentan las mayores pérdidas; ya que estas deben prepararse a las condiciones del entorno que las rodea (ex vitro; edáfico y ambiental) para desarrollarse, razón por la cual es necesario proporcionarles escenarios durante la aclimatización que les permitan superar los procesos estresantes propios del cambio de ambiente, en otras palabras, que las plantas estén fortalecidas antes de ser establecidas en campo.

Para la variable altura de la planta hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) por efecto del muestreo y el suelo (Tabla 2). A medida que se aumentó el número de semanas para el muestreo la altura de las plantas fue incrementando, con diferencias estadísticas entre ellas (Tabla 6). El tipo de suelo SO1 presentó la mayor altura (7,45 cm) y se diferenció estadísticamente ( $P \leq 0,05$ ) del tipo SC1, quien tuvo la menor altura de la planta (6,12 cm), tal como se observa en la Tabla 7.

Tabla 6. Prueba de medias de Tukey por efecto de las semanas a muestreo sobre la altura de las plantas (cm)

Cosecha	Media de la altura de las plantas (cm)	Prueba de Tukey
C3	8,0353	a
C2	6,3900	b
C1	5,7952	c

Tabla 7. Prueba de medias de Tukey por efecto del tipo de suelo sobre la altura de las plantas (cm)

Suelo	Media de la altura de las plantas (cm)	Prueba de Tukey
SO1	7,2460	a
SO2	7,0309	ab
SC1	6,5668	bc
SC2	6,1168	c

La velocidad de crecimiento de las plantas al considerar su altura sugiere una tasa de desarrollo lenta o baja, puesto que en cuatro semanas después de haber sido

inoculadas, la diferencia de longitud entre la segunda y cuarta semana fue de solo 2,24 cm, lo cual implicó un crecimiento diario de 0,82; 0,91 y 1,14 cm para los muestreos 2, 3 y 4, respectivamente.

Sánchez-Urdaneta et al., (2022) señalaron que plantas de plátano Barraganete obtenidas a través de cormos a los 58 días después de la siembra obtuvieron una altura promedio de  $8,03 \pm 5,04$  cm, pero a los 65 días después de la siembra las plantas llegaron a tener  $20,13 \pm 8,59$  cm de altura, con crecimiento diario de 1,73 cm, representando 2,51 veces mayor el crecimiento en 7 días, por lo que se indicó un crecimiento acelerado de los hijos. Ramos et al., (2016) indicaron que para la a los 58 días después de la siembra, encontraron en promedio un crecimiento de 20,65 cm, contrastando estos resultados con los obtenidos por los autores indicados anteriormente y los obtenidos en esta investigación. Por lo que, se diferenció la velocidad de crecimiento ( $0,59 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$ ) entre estos dos experimentos, pero también, con los obtenidos en esta investigación. Probablemente esas diferencias en la tasa de crecimiento sea producto del tipo de propagación, del tipo de material vegetal y del sustrato que dio origen a las plantas utilizadas en las tres investigaciones en cuestión.

Los resultados de la altura de las plantas presentaron similar comportamiento al expresado en la longitud de las raíces, donde las plantas de banano que crecieron en suelos orgánicos tuvieron un mayor crecimiento. Coincidiendo con lo señalado por Ortas et al., (2017) al indicar que en los suelos orgánicos o micorrizados las plantas alcanzaron una mayor altura.

Para la variable número de hojas se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ) por efecto del muestreo, el suelo, la interacción muestreo por suelo y por micorriza (Tabla 2). En la tabla 8 se muestran las medias de la interacción muestreo por suelo. Las combinaciones C1 x SC1 y C1 x SC2 fueron las que presentaron el menor número de hojas (4,85 y 4,88 hojas, respectivamente) sin diferencias estadísticas entre ellas, aun cuando se diferenciaron estadísticamente de la combinación C3 y SO2 que tuvo el mayor número de hojas (6,92). Por otro lado, hubo diferencias estadísticas para el número de hojas por la presencia de micorrizas, con un total de 5,79 hojas, en comparación con las no micorrizadas con 5,58 hojas por planta (Tabla 9).

Ramos et al., (2016) reportaron en plátano en promedio 6,21 y 6,97 hojas para la 6ta y 7ma semana, respectivamente. Coincidiendo con lo indicado en esta investigación; pero con diferencias importantes a lo encontrado con Sánchez-Urdaneta et al., (2022) quienes indicaron que a los 58 y 65 días después de la siembra las plantas de plátano presentaron 2,63 y 3,58 hojas-hijo-1, generando 0,38 y 0,51 hojas·semana<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabla 8. Prueba de Tukey aplicada a las medias ajustadas para la interacción de muestreo por tipo de suelo sobre la variable número de hojas

Cosecha	Suelo	Media del número de hojas por planta	Prueba de Tukey
C3	SO2	6,9169	a
C2	SO2	6,3169	ab
C3	SC1	5,8508	bc
C3	SC2	5,8477	bc
C2	SC2	5,8169	bc
C3	SO1	5,7508	bc
C2	SC1	5,7169	bc
C2	SO1	5,5831	c
C1	SO1	5,3815	cd
C1	SO2	5,2831	cd
C1	SC2	4,8846	d
C1	SC1	4,8508	d

Tabla 9. Prueba de medias de Tukey por efecto de la utilización de micorrizas sobre la variable número de hojas

Micorriza	Media del número de hojas por planta	Prueba de Tukey
Con micorrizas	5,7885	a
Sin micorrizas	5,5782	b

Para la variable contenido de clorofila (SPAD) se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ) por efecto del muestreo, la interacción muestreo por suelo y micorriza (Tabla 2). En la tabla 9 se muestran las medias de la interacción muestreo por suelo. Las combinaciones C3 x SC2 y C3 x SO1 fueron las que presentaron menor contenido de clorofila, con 23,01 y 24,72 unidades SPAD, respectivamente y se diferenciaron estadísticamente de la combinación C1 x SO1 con el mayor contenido de clorofila (42,75 unidades SPAD; Tabla 10). También se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de clorofila por efecto de la utilización de micorrizas, con 33,33 unidades SPAD, en comparación a las no micorrizadas con 31,76 unidades SPAD (Tabla 11).

Tabla 10. Prueba de Tukey aplicada a las medias ajustadas para la interacción muestreo por tipo de suelo sobre la variable contenido de clorofila (SPAD)

Cosecha	Suelo	Medias del contenido de clorofila (SPAD)	Prueba de Tukey
C1	SO1	42,75	a
C1	SC2	38,15	ab
C1	SO2	37,09	bc
C1	SC1	36,50	bc
C2	SC2	35,98	bcd

C2	SO2	34,37	bcd
C2	SO1	32,13	cde
C2	SC1	31,19	def
C3	SO2	27,99	efg
C3	SC1	26,67	fg
C3	SO1	24,72	g
C3	SC2	23,01	g

**Tabla 11.** Prueba de medias de Tukey por efecto de la micorrización sobre el contenido de clorofila (SPAD)

Micorriza	Media del contenido de clorofila (SPAD)	Prueba de Tukey
Con micorrizas	33,3333	a
Sin micorrizas	31,7583	b

Cervantes et al., (2020) al estudiar en plantas de banano Willians adultas, la interacción entre el N y el K<sub>2</sub>O sobre el contenido de clorofila, demostraron que la dosis creciente de N, influyó positivamente en el contenido de clorofila y alcanzó un valor máximo de 51 µm·cm<sup>-2</sup> en las terceras hojas en el cultivo de banano. Esto quizás podría relacionarse a los resultados obtenidos en esta investigación, dado que los mayores valores de clorofila se presentaron en general, en las plantas aclimatadas en suelos orgánicos y con micorrizas. Por supuesto, en esta investigación los contenidos de clorofila fueron menores a los indicados por Cervantes et al., (2020), lo cual podría ser atribuido al menor desarrollo de las hojas en esta investigación.

Smith & Read (2008), Kavoo-Mwangi et al., (2014) y Johnson et al., (2016) han señalado que la utilización de micorrizas y microorganismos en plantas de banano obtenidas *in vitro* durante la fase de aclimatación incrementó el crecimiento y grosor del pseudotallo, además mejoró la fertilidad del suelo; por lo que, esto permite que las plantas se adapten mejor a las condiciones de invernadero.

## CONCLUSIONES

Mediante la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (*Acaulospora*) en vitroplantas de banana durante la fase de aclimatización se generan mayores beneficios en la planta, al reducir los efectos del estrés que se produce durante el trasplante. Igualmente, permite un mayor crecimiento de las plantas y actividad fotosintética, predecible por la presencia de mayor contenido de clorofila, produciendo un incremento en la actividad fisiológica y una mejor adaptación de las plantas a las condiciones ambientales.

Los resultados señalan la existencia de un efecto bioprotector y biofortificante del sistema radical, del crecimiento de la planta (mayor longitud y número de hojas), lo que promueve la asimilación de nutrientes, y predispone a las

plantas para tolerar las condiciones a campo abierto una vez realizado el trasplante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brundrett, M. C. & Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220(4), 1108-1115.
- Castañeda Serrano, C. S., Almanza Merchán, P. J., Pinzón Sandoval, E. H., Cely Reyes, G. E. & Serrano Cely, P. A. (2018). Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 329-33.
- Cervantes, A., Sigcha, L., Villaseñor, D. & Maldonado, T. (2020). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Rev. Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 191-198.
- Cruz-Rosero, N., Canchignia-Martínez, H., Morante-Carril, J., Nieto-Rodríguez, E., Cruz-Rosero, E. & Cabrera-Casanova, D. (2016). *In vitro* propagation of the Orito banana cultivar (*Musa acuminata* AA). *Biotecnología Aplicada*, 33, 4201-4204.
- Folli-Pereira, M. D., Meira-Haddad, L. S., Nobre, C. M. & Megumi, M. C. (2013). Plant-microorganism interactions: Effects on the tolerance of plants to biotic and abiotic stress. En: Hakeem, K., Ozturk, M., Ahmad, P. (Eds.). *Crop Improvement: New Approaches and Modern Techniques*. pp. 209-238. Boston: Springer-Verlag New York Inc. doi:10.1007/978-1-4614-7028-1\_6
- Galán, V., Rangel, A., López, J., Pérez Hernández, J. V., Sandoval, J. & Souza Rocha, H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4), e-574.
- Indacochea-Ganchozo, B., Parrales-Villacreses, J., Castro-Piguave, C., Vera-Tumbaco, M. & Gabriel-Ortega, J. (2017). Aclimatación *in vitro* de especies forestales nativas del Sur de Manabí en peligro de extinción. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(2), 124-134.
- Johnson, N. C., Gehring, C. & Jansa, J. (2016). Mycorrhizas: At the Interface of Biological, Soil, and Earth Sciences. En: *Mycorrhizal Mediation of Soil: Fertility, Structure, and Carbon Storage*. Elsevier Inc. 1-6.
- Kavoo-Mwangi, A. M., Kahang, E. M., Ateka, E., Onguso, J. & Jefwa, J. M. (2014). Integration of commercial microbiological products into soil fertility practices as a potential option for acclimatization and growth of TC banana in Kenya. *Open Journal Soil Science*, 4(8), 259-271.

- Koffi, M. C. & Declerck, S. (2015). *In vitro* mycorrhization of banana (*Musa acuminata*) plantlets improves their growth during acclimatization. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 51(3), 265-273.
- Mora-González, A. F., Naranjo-Morán, J. A., Albiño-Quitiaquez, A., Flores-Cedeño, J. A., Oviedo-Anchundia, R., Galarza-Romero, L. & Barcos-Arias, M. S. (2021). Optimización en la aclimatación de plántulas micropropagadas de banano (*Musa* sp.) utilizando tres insumos orgánicos. *Revista Bionatura*, 6(1), 1452-1461.
- Ortas, Í., Rafique, M., Akpınar, C. & Kacar, Y.A. (2017). Growth media and mycorrhizal species effect on acclimatization and nutrient uptake of banana plantlets. *Scientia Horticulturae*, 217, 55–60.
- Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., Cabrera Rodríguez, A., Martín Alonso, G.M. & Fernández Chuaeray, L. (2016). Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y Bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 165-174.
- Sánchez-Urdaneta, A. B., Cedeño Zambrano, J. R., Mesa Reinaldo, J. R., Estévez Chica, S. T., Avellán Vasquéz, L. E., Sánchez Urdaneta, D. C. & García Batista, R. M. (2022). Emergencia y crecimiento inicial de hijos de plátano 'Barraganete' (*Musa* AAB), en el Carmen, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 59-64.
- Sivakumar, N. (2013). Effect of edaphic factors and seasonal variation on spore density and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in sugarcane fields. *Annals of Microbiology*, 63, 151-160.
- Smith, S. & Read, D. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Third edition. Great Britain. Editorial Book AID international. 11-13. <https://www.elsevier.com/books/mycorrhizal-symbiosis/smith/978-0-12-370526-6>
- Statistical Analysis System. *SAS studio user's guide: statistics*. Versión 15.1. Cary: SAS Institute, 2020. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/indexproc.html#stat151>.
- Teixeira da Silva, J. A., Hossain, M. M., Sharma, M., Dobránszki, J., Cardoso, J. C. & Songjun, Z. (2017). Acclimatization of *in vitro*-derived *Dendrobium*. *Horticultural Plant Journal*, 3(3), 110-124.
- Valencia Juárez, M. C., Escobedo López, D., Díaz Espino, L. F. & González Pérez, E. (2019). Aclimatación ex vitro de plántulas de *Fragaria* x *ananassa* Duch. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 91-100.
- Wong, K. F., Suhaimi, O. & Fatimah, K. (2017). On-farm grower-friendly nursery technique for acclimatization of tissue-cultured banana seedlings. *Asian Journal For Poverty Studies*, 3(2):146-151.

**COMPORTAMIENTO DEL MAÍZ (*ZEAMAYS L.*) EN UN SUELO CONTAMINADO CON DOSIS CRECIENTES DE HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO (HTP) RESULTANTE DE UN PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN EN BIOPILAS CON UNA COMBINACIÓN DE TEXTURIZANTES**BEHAVIOR OF THE WARNING PLANT OF "CORN" (*ZEAMAYS L.*) IN A POLLUTED SOIL WITH GROWING DOSE OF TOTAL HYDROCARBONS OF PETROLEUM (HTP), RESULTANT OF A BIORREMEDIATION PROCESS IN BIOPILE WITH A TEXTURE COMBINATIONConsuelo Hernández Rodríguez<sup>1</sup>E-mail: [mabelh0309@gmail.com](mailto:mabelh0309@gmail.com)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8281-3376>Lázaro Jesús Ojeda Quintana<sup>2</sup>E-mail: [joberverde@azurina.cult.cu](mailto:joberverde@azurina.cult.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8629-5695>Yanoris Bernal Carrazana<sup>1</sup>E-mail: [ybernal@ucf.edu.cu](mailto:ybernal@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8706-2946><sup>1</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base Suelos, Barajagua, Cienfuegos. Instituto de Suelos.<sup>2</sup>Centro Universitario Municipal Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba

## Cita sugerida (APA, séptima edición)

Hernández Rodríguez, C., Ojeda Quintana, L. J., Bernal Carrazana, Y. (2022). Comportamiento del Maíz (*zea mays l.*) en un suelo contaminado con dosis crecientes de Hidrocarburos totales de petróleo (htp) resultante de un proceso de Biorremediación en Biopilas con una combinación de Texturizantes. . Revista Científica Agroecosistemas, 10(2), 24-34. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

## RESUMEN

La investigación se realizó en la Unidad Científico Tecnológica de Base "Suelos", Barajagua, Cienfuegos, bajo condiciones semicontroladas, con el objetivo de evaluar el comportamiento del cultivo indicador maíz (*Zea mays L.*) en un suelo Pardo Grisáceo contaminado con dosis crecientes de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), resultante de un proceso de biorremediación en biopilas con una combinación de texturizantes a diferentes dosis durante 240 días. Se emplearon bolsas de polietileno horadadas, con capacidad de 1 kg de suelo. Se utilizó un diseño Factorial modificado (dos factores con tres niveles cada uno y un testigo absoluto), para un total de diez tratamientos con tres réplicas. Las dosis crecientes de HTP en el suelo afectaron la emergencia, supervivencia, dinámica de crecimiento y el peso seco foliar y de raíces del cultivo indicador. A su vez el Índice Relativo de Impacto Fisiológico (IRIF) y el Índice de Impacto Fitotóxico (IIF) mostraron un efecto negativo en el maíz. En los tratamientos con adición de HTP, hubo menor afectación en peso seco foliar y raíces con dosis 25 000 mg .kg<sup>-1</sup> y adición de 8 % de texturizantes. El contenido de fósforo asimilable, pH, materia orgánica y conductividad eléctrica en el suelo, fue superior al Testigo en los tratamientos contaminados con residuos de petróleo.

## Palabras clave:

Biorremediación, hidrocarburos, *Zea mays*, índice fitotóxico.

## ABSTRACT

The investigation was carried out in the Technological Scientist Base Unit "Soils", Barajagua, Cienfuegos, under semi-controlled conditions, with the objective of evaluating the behavior of the plant of "corn" *Zea mays L.* in a polluted Grizzly Brown soil with growing dose of Total Hydrocarbons of Petroleum (HTP), resultant of a biorremediation process in biopile with a texture combination to different dose during 240 days. Holed polyethylene bags were used, with a capacity of 1 kg of soil. A modified Factorial design was used (two factors with three levels each one and an absolute witness) for a total of ten treatments with three replicas. The growing doses of HTP in the soil affected the emergency, survival, dynamics of growth and the dry weight to foliate and of roots of the indicative cultivation. In turn the Relative Index of Physiologic Impact (IRIF) and the Index of Phytotoxic Impact (IIF) they showed a negative effect in the corn. In the treatments with addition of HTP, there was smaller affectation in dry weight to foliate and roots with dose 25 000 mg .kg<sup>-1</sup> and addition of 8% texture. The content of assimilable phosphorus, pH, organic matter and electric conductivity in the soil went superior to the witness in the polluted treatments with residual of petroleum.

## Keywords:

Biorremediation, hydrocarbons, *Zea mays*, phytotoxicity index.

## INTRODUCCION

La actividad petrolera a nivel mundial está entre las más susceptibles a producir daños al medio ambiente y la sociedad, debido a la naturaleza de los hidrocarburos y otros productos químicos que se manejan en las operaciones propias de esta industria. Las consecuencias ambientales de los procesos asociados a la industria petrolera (exploración, perforación, producción, refinación, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización) producen graves daños entre los que se encuentran la deforestación y cambios en el paisaje (Marín, 2016).

La Estrategia Ambiental cubana ha identificado la contaminación por hidrocarburos como uno de los problemas ambientales del país y considera que los residuos petrolizados se clasifican como peligrosos. Existen políticas desarrolladas por entidades gubernamentales que se encargan de conservar y recuperar el medio ambiente y mitigar su deterioro a causa de los diversos tipos de actividades humanas que afectan de forma directa o indirecta a la naturaleza (CITMA, 2016).

Uno de los métodos de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos son las biopilas, que se definen como un proceso biológico controlado donde los contaminantes orgánicos son biodegradados y mineralizados. El proceso consiste en formar pilas con el suelo contaminado y estimular la actividad microbiana, aireando y/o con adición de nutrientes y humedad mantenida. Dentro de la biorremediación, la alternativa de adicionar texturizantes orgánicos, para mejorar las características del suelo y contribuir con la aportación de nutrientes, requeridos por los microorganismos, hace que esta técnica sea económica, sencilla y factible al ambiente. (Semple et al., 2001, Iturbe et al., 2002).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo del cultivo del maíz en suelo procedente de biopilas con diferentes niveles de contaminación por Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) utilizando bagazo y estiércol como texturizantes, después de transcurridos 240 días en proceso de biorremediación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en condiciones semicontroladas en la UCTB de Suelos, Barajagua, Cienfuegos, utilizando bolsas de polietileno con 1 kg de suelo Pardo Grisáceo (Hernández et al., 2015) proveniente de la confección de biopilas bajo una factorial modificada, dos factores con tres niveles cada uno y un testigo absoluto para un total de diez tratamientos con tres réplicas. Los factores fueron, Factor 1: Concentración de Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) en el suelo y Factor 2: Concentración de texturizantes (Estiércol vacuno descompuesto + bagazo).

Factor-1	Factor-2
1. HTP = 25 000 mg/100g	A- Texturizante 4 %
2. HTP = 35 000 mg/100g	B- Texturizante 8%

3. HTP = 45 000 mg/100g C- Texturizante 12%

Los diez tratamientos se describen a continuación:

Factor-1	Factor-2
1. HTP 25 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	4% (A)
2. HTP 25 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	8% (B)
3. HTP 25 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	12% (C)
4. HTP 35 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	4% (A)
5. HTP 35 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	8% (B)
6. HTP 35 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	12% (C)
7. HTP 45 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	4% (A)
8. HTP 45 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	8% (B)
9. HTP 45 000 mg .kg <sup>-1</sup> de suelo + texturizante	12% (C)
10. Suelo sin HTP ni texturizantes (TESTIGO).	

Las dosis de HTP fueron 25 000, 35 000 y 45 000 mg kg<sup>-1</sup> de suelo respectivamente, conformada por una mezcla de hidrocarburo, aceites y grasas proveniente de la Refinería de petróleo de Cienfuegos. Los texturizantes fueron la combinación de estiércol + bagazo en dosis baja, 4 %, media, 8 % y alta 12 %.

El cultivo indicador para medir el efecto de la biorremediación fue el maíz. Se sembraron diez semillas para dejar cinco plantas por bolsas. El riego fue en días alternos hasta mantener la capacidad de campo. Para evitar el efecto de borde las bolsas se rotaron con frecuencia semanal.

Se determinó el porcentaje de emergencia, y a partir de los 14 días la altura de las plantas fue cuantificada semanalmente. A los 35 días las plantas se cortaron a cinco cm sobre el suelo y se determinó el peso seco foliar y de raíces y por cálculo el Índice Relativo de Impacto Fisiológico (IRIF) e Índice de Impacto Fitotóxico (IIF) en las variables: altura y peso seco de la parte aérea y raíz del cultivo indicador.

El Índice Relativo de Impacto Fisiológico (IRIF) y el Índice de Impacto Fitotóxico (IIF) se determinaron con el método de Vázquez Luna et al., (2010) modificado por Trujillo Narcía et al., (2014). Los resultados se interpretaron bajo el criterio de Arias et al., (2017): si el IRIF (x), es igual a cero: el efecto es neutro (no afecta a la variable), pero si es mayor de cero el efecto es negativo (inhibición); si el IRF (x) es menor de cero el efecto es positivo sobre la variable (estimulación).

Al suelo, se le tomaron muestras para análisis de pH en KCl (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 1999), Materia Orgánica (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 1999 a), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 1999 b) y conductividad eléctrica (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2001). Durante todo el período experimental se realizaron observaciones visuales de las plantas para contrastar su estado fisiológico y la incidencia de plagas y enfermedades.

Para comparar las variables con el testigo se realizó un ANOVA como block al azar y posteriormente excluyendo al testigo se hizo un análisis bifactorial para conocer el efecto de ambos factores y su interacción). El paquete estadístico utilizado fue el Statgraphics Centurion XVII. Las medias se compararon mediante la prueba de rango múltiple de Duncan (1955), con significación del 1% en los casos en que el ANOVA resultó significativo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### COMPORTAMIENTO DE LA GERMINACIÓN Y SUPERVIVENCIA DE LAS PLANTAS

En la Tabla que sigue se observa que al quinto día de la siembra comenzó la emergencia de las semillas en el tratamiento sin contaminación simulada y en el resto a los diez días. Se pudo constatar la que la emergencia en todos los tratamientos contaminados fue retrasada, con valores de 16.7 en el HTP 45 000 mg kg<sup>-1</sup> de suelo + texturizante 12 % (A) y 60.0 % en la combinación: HTP 25 000 mg .kg<sup>-1</sup> de suelo + texturizante 8% (M), mientras que el Testigo alcanzó un 90 % con diferencias estadísticas del resto de los tratamientos.

**Tabla 1.** Emergencia del maíz diez días posteriores a la plantación

Tratamientos	HTP mg .kg <sup>-1</sup> Texturizantes		Emergencia (%)
1	25 000	A	23.3 <sup>cd</sup>
2		B	60.0 <sup>b</sup>
3		C	43.3 <sup>bcd</sup>
4	35 000	A	36.7 <sup>bcd</sup>
5		B	16.7 <sup>d</sup>
6		C	33.3 <sup>bcd</sup>
7	45 000	A	46.7 <sup>bcd</sup>
8		B	53.3 <sup>bc</sup>
9		C	16.7 <sup>d</sup>

**Tabla 2.** Cantidad de plantas por bolsas en frecuencia semanal

variantes	HTP mg .kg <sup>-1</sup> Texturizantes	14 días	21 días	28 días	35 días
1	25 000 A	4.0 ab	3.3 b	3.3 bc	3.3 ab
2	B	5.0 a	5.0 a	5.0 a	4.7 ab
3	C	4.0 ab	3.3 bc	3.3 b	2.7 bc
4	35 000 A	3.3 abc	3.7 bc	3.3 bc	2.7 bc
5	B	1.7 cd	2.7 bcd	2.7 bcd	1.7 c
6	C	2.7 bcd	2.7 bcd	2.7 bcd	2.3 c
7	45 000 A	3.7 ab	3.3 bc	4.0 b	2.7 bc
8	B	4.7 a	5.0 a	5.0 a	4.7 ab
9	C	1.3 d	2.7 bcd	2.7 bcd	1.7 c
10	Testigo	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
ES±		0.6055 **	0.7817**	0.7528**	0.6831**

10	Testigo	90.0 <sup>a</sup>
	ES ± 4.616**	

La Empresa Comercializadora de Combustibles de Villa Clara en colaboración con el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEIMPET) ejecutaron un proyecto de investigación para el tratamiento por biopilas de los residuos petrolizados de la entidad y reportaron afectación en la germinación y la elongación de las raíces del maíz, y en el caso del frijol no hubo germinación (Cortés et al., 2012). Al respecto, Chaineau, et al., (1997), encontraron que altas concentraciones de hidrocarburos limitan y/o alteran la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas.

Flores López y Benites Santisteban (2015), reportaron una germinación en rábano (*Raphanus sativus* L.) entre 50.6 y 55.0 % en suelo contaminado con 22 987 mg.kg<sup>-1</sup> HTP y Arias et al., 2017 encontraron afectación proporcional de la germinación del frijol con el incremento de dosis de HTP en el suelo desde 1500-9000 mg.kg<sup>-1</sup>. Los resultados alcanzados en el trabajo respecto a la emergencia coinciden el reporte de autores anteriores. De los tratamientos, solo fue posible mantener 5 plantas/bolsas el Testigo y 25 000 (B). Destacar que únicamente el Testigo permaneció con la totalidad de las plantas durante todo el experimento (Tabla 2).

En nueve de las variantes (en el momento del corte a los 35 días) se apreció un menor número de plantas que al inicio debido a muerte de las mismas. Hubo plantas con emergencia tardía en las variantes: 35 000 (A y B), 45 000 (B y C) a los 21 días y 45 000 (A) a 28 días, para después no sobrevivir. Dicha observación permite aseverar que la contaminación del suelo con hidrocarburo, aun después de un proceso en biopilas durante 240 días afectó la emergencia y supervivencia de las plántulas de maíz.

Las variantes HTP 25 000 mg .kg<sup>-1</sup> de suelo + texturizante 8% (M) y HTP 45 000 mg .kg<sup>-1</sup> de suelo + texturizante 8 % (M) no difirieron estadísticamente del testigo al final del experimento, lo que indica una respuesta favorable de la combinación media aplicada.

En estudios sobre efecto de derrame de petróleo crudo sobre el crecimiento, productividad y absorción de nutrientes en maíz cultivado en macetas, Ekundayo et al., (2001) encontraron que la germinación fue retrasada y el porcentaje de germinación fue significativamente afectado por la contaminación con petróleo con un crecimiento pobre en los suelos contaminados.

A su vez, Hernández et al., (2019) en estudios precedentes señalan que el efecto de la contaminación con hidrocarburo en concentración de 10 000 mg/kg de suelo no comprometió la germinación del cultivo indicador en tiempo cero. Sin embargo, después de 340 días en un proceso de biorremediación la germinación y supervivencia de las plantas de maíz se vio afectada donde las biopilas contenían como texturizantes bagazo, cachaza, aserrín, pulpa de café y thalassia, comportamiento que fue apreciado en el presente estudio y en el mismo tipo de suelo.

#### Apreciación visual del comportamiento de las plantas

De la observación visual diaria fue evidente la clorosis en todos los tratamientos, excepto en el testigo, que mantuvo color verde intenso. Este comportamiento se acentuó de forma progresiva, lo que motivó que a los 35 días se realizara el corte de las plantas. Dicho comportamiento fue similar al obtenido en estudio precedente con

suelo contaminado a concentraciones de HTP más bajas (Hernández et al., 2019), lo que corrobora afectación de las plantas comprobado también en estudios realizados por Pérez et al., (2002) debido a que las fracciones volátiles de los hidrocarburos, causan clorosis a las plantas.

#### Altura

En la dinámica de crecimiento del maíz cada 7 días (Figura 1) se apreció que la altura de las plantas fue inferior al testigo en todas las variantes y solo el tratamiento 25 000 HTP + concentración 8 % (B) de texturizantes se mantuvo en segundo lugar, con altura en el momento del corte de 28.1 cm, mientras que en el suelo sin contaminación la misma fue de 36.7 cm. El resto de las variantes presentó alturas en el rango 4.8- 18.3 cm. Esta situación confirma que las plantas cultivadas en suelo sin contaminante superan significadamente a las que crecen en suelo contaminado.

Arias et al., (2017), en experimento realizado con dosis crecientes de contaminación con hidrocarburos, obtuvieron detrimentos en la altura del cultivo indicador (frijol) y de otros indicadores fisiológicos de la planta en presencia del contaminante que más adelante se debaten en el presente artículo.

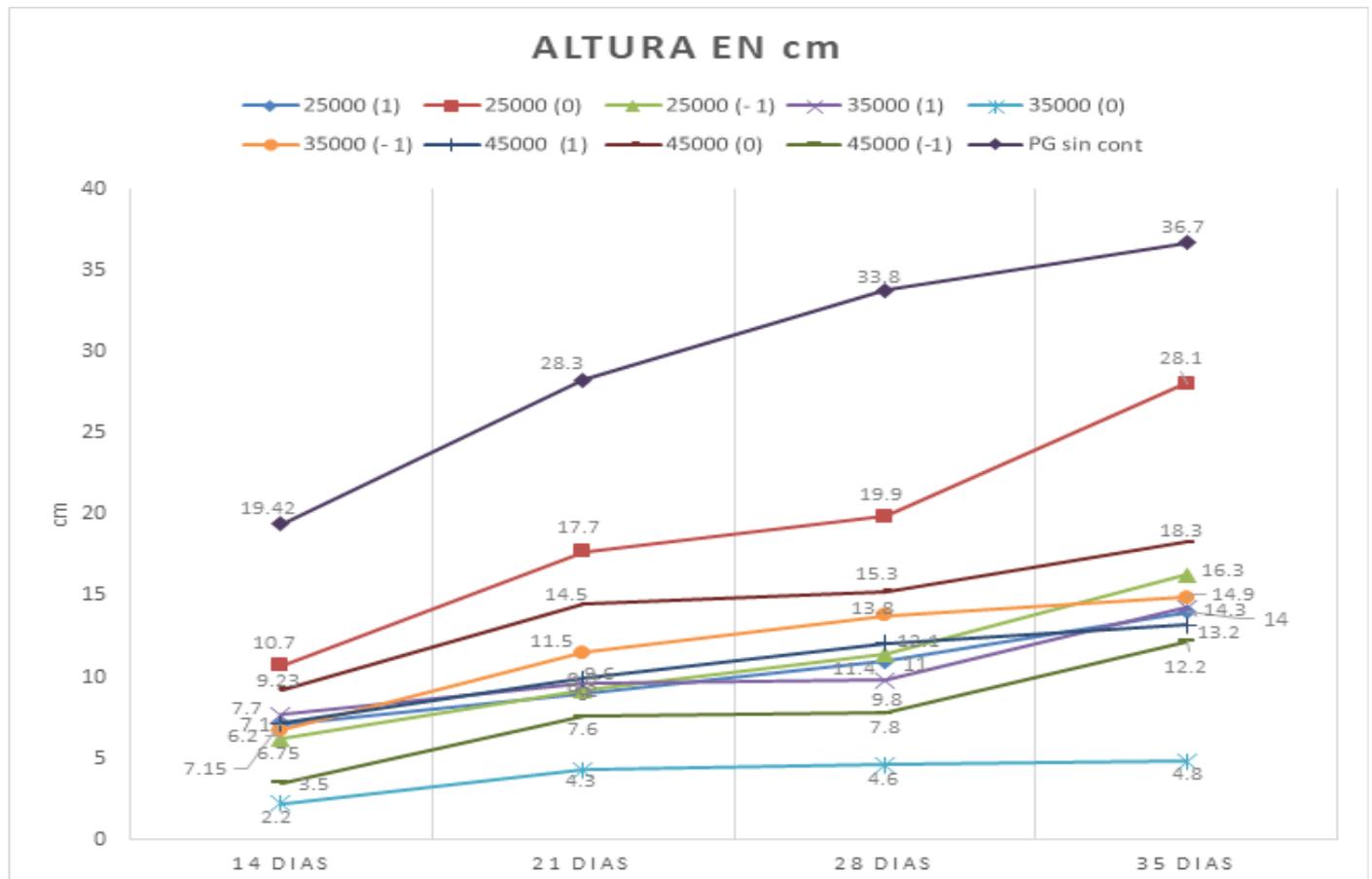


Figura 1. Altura de las plantas con frecuencia semanal

## PESO SECO DE PLANTAS y RAÍCES

El peso seco foliar y de raíces obtuvo valores inferiores al Testigo en todas las variantes con un comportamiento estadístico similar (Figura 2 y Figura 3), lo que denota afectación en ambos indicadores por la presencia de

HTP a pesar de haber transcurrido 240 días del proceso de biorremediación en biopilas. La variante 25 000 HTP + texturizantes (B) le siguió, pero alcanzando solo el 47.5 % y 62.7 % de la masa foliar y raíces respectivamente. El resto de los tratamientos se mantuvo por debajo 17.7 % en relación al Testigo.

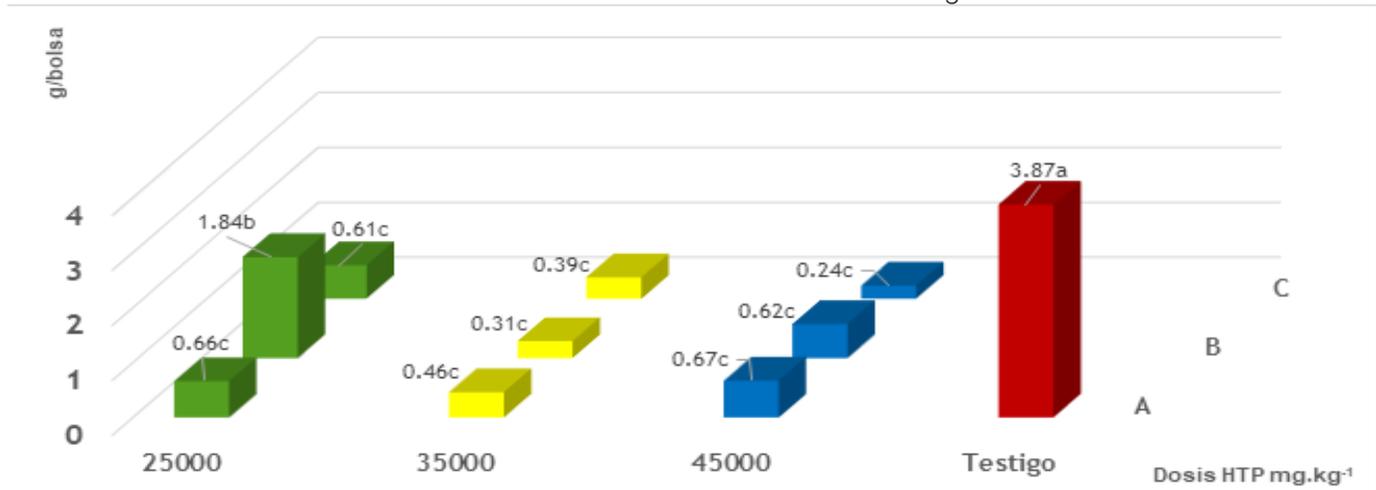


Figura 2. Peso seco foliar de las plantas a los 35 días

En investigación realizada con este mismo tipo de suelo y contaminación inferior (10 000 HTP mg .kg<sup>-1</sup>) después de 340 días de proceso en biopilas, las variables altura y peso seco de las plantas tuvieron similar comportamiento al mantenerse por debajo del Testigo, no así el sistema radical que se vio estimulado por la presencia del hidrocarburo en dosis 10 000 HTP mg .kg<sup>-1</sup> (Hernández et al., 2019), respuesta no obtenida en el presente estudio en presencia de contaminaciones HTP superiores.

Al respecto, (Amadi et al., 1993) encontraron que la adición de fuentes orgánicas de nutrientes a un suelo contaminado con petróleo (30 000 mg.kg<sup>-1</sup>) benefició el crecimiento del maíz y las concentraciones de petróleo de 25 000 y de 35 000 mg. kg<sup>-1</sup> favorecieron una mayor emergencia del maíz, después del testigo sin contaminar.

En el presente estudio se obtuvo respuesta similar en presencia de contaminante 25 000 mg. kg<sup>-1</sup> en combinación con texturizantes 8% (B) que le siguió al testigo.

A su vez, Xu y Johnson (1995), indicaron que la contaminación por hidrocarburos reduce el crecimiento de la planta porque los hidrocarburos pueden cubrir las raíces e influir en la absorción de agua y nutrientes. En estudios realizados por Pérez et al., (2002), Gafari et al., (2012), Sanghetha y Hangedurai (2014), Alrumman et al., (2015), encontraron afectaciones en la germinación, altura, longitud radical y biomasa total de las plantas cuando el suelo está contaminado con hidrocarburos del petróleo debido a que los constituyentes del petróleo pueden inhibir las actividades enzimáticas del suelo.

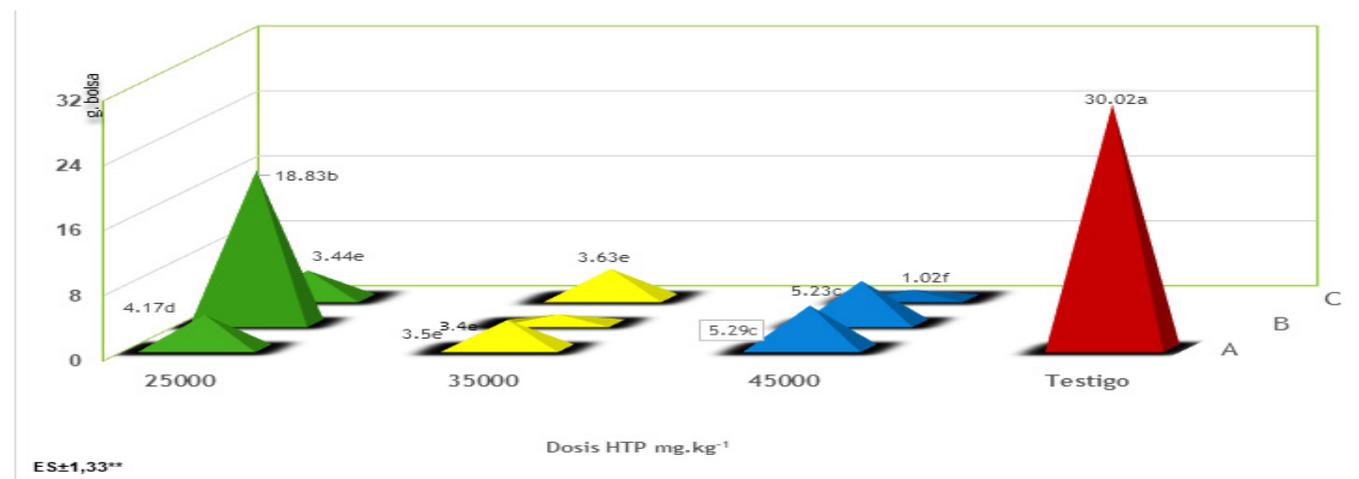


Figura 3. Peso seco de raíces de las plantas a los 35 días

Por otra parte, Arias et al., (2017), informan que al día 100 después de una simulación de contaminación con HTP hubo una correlación negativa de la concentración HTP (1500, 3000, 4500, 6000, 7500, 9000 mg. kg<sup>-1</sup>) en el suelo al evaluar dichos indicadores fisiológicos en *Phaseolus vulgaris* L. utilizado como planta indicadora.

El análisis bifactorial a la variable peso seco de las plantas de maíz que se muestra en Figura 4 aportó diferencias

estadísticas entre Factor 1 y Factor 2. Se obtuvo menor afectación por la contaminación con la dosis 25 000 HTP mg .kg<sup>-1</sup> (1.03 g/bolsa) y afectación significativa en el peso seco foliar (0.39 y 0.51 g/maceta) en los tratamientos con mayores dosis HTP. El análisis del factor concentración de texturizantes tributa beneficios a la concentración 8 % (B) con el mayor valor y diferencias estadísticas en la biomasa foliar (0.92 g/bolsa).

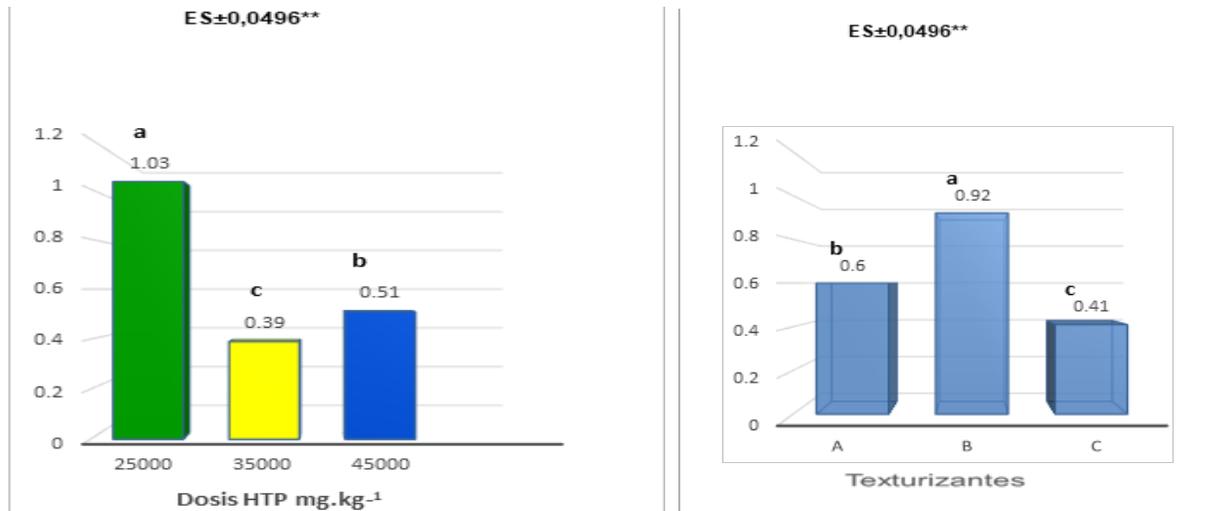


Figura 4. Influencia de dosis de HTP en el peso y la concentración de texturizantes en el peso seco de las plantas

De forma similar a los resultados obtenidos, Quiñones Aguilar et al., (2003), al estudiar emergencia y crecimiento del maíz en suelo contaminado con dosis de petróleo crudo ( 0, 15, 25, 35 mil mg .kg<sup>-1</sup>) obtuvieron que las plantas cultivadas en suelo sin contaminación superaron significativamente a las plantas en suelo contaminado en las variables altura de la planta, peso seco foliar, peso seco de raíces y además la cohibición del desarrollo de las plantas se incrementó con la concentración de hidrocarburos. En coherencia a resultados de la presente investigación, obtuvieron que la concentración de petróleo

25.000 mg/kg de suelo favoreció el crecimiento de las plántulas de maíz, después del testigo.

El análisis bifactorial al peso seco de raíces que aparece en Figura 5, el mismo tuvo un comportamiento similar al peso seco foliar. Se apreció estimulación en el peso de raíces en la presencia de menor contaminación con hidrocarburos reportando 8.81 vs 2.75 y 3.85 g/maceta con las dosis de 35 000 y 45 000 mg .kg<sup>-1</sup> HTP). Las raíces sufrieron menor afectación cuando la concentración de texturizantes fue 8 % (8.39 g/maceta).

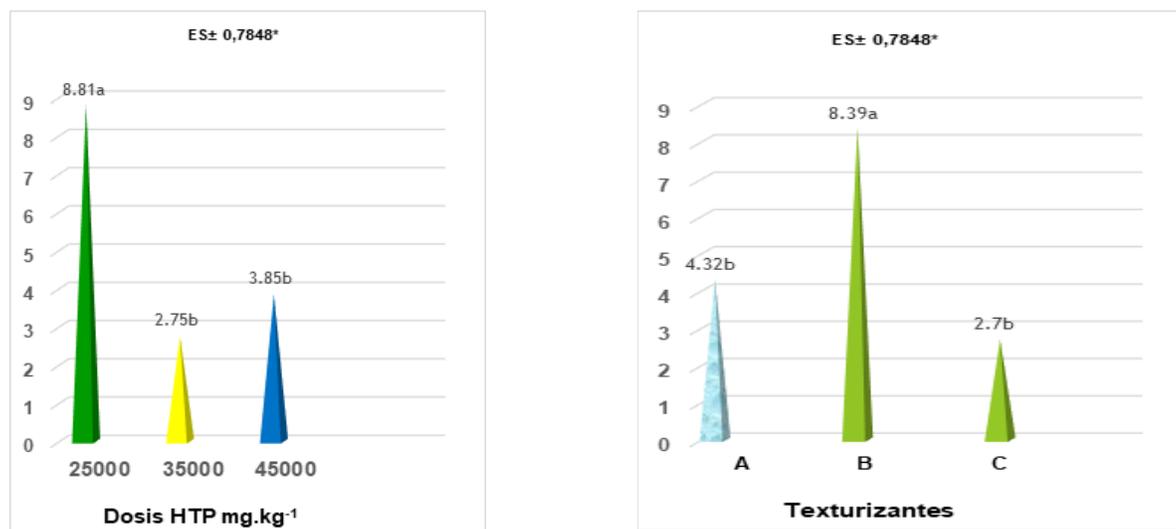


Figura 5. Influencia de dosis de HTP y la concentración de texturizantes en el peso seco de raíces

La fitotoxicidad es el estudio toxicológico de un contaminante o sustancia tóxica a partir de la respuesta fisiológica de una especie vegetal a una dosis determinada (Cruz et al., 2013). A nivel

internacional el Organismo para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OECD, 2006) ha establecido la "Guía para la evaluación de sustancias químicas OECD No. 208", la cual implementa el uso de especies vegetales como bioindicadores de toxicidad de sustancias químicas considerando el maíz dentro de las mismas.

El Índice Relativo de Impacto Fisiológico se aprecia en la Figura 6, el mismo mostró un efecto negativo de la contaminación con hidrocarburo (valores superiores a cero

al ser comparados con el testigo) en las variables altura, peso seco foliar y peso seco de raíces del cultivo indicador. En la presente investigación la menor afectación se obtuvo en la variante 25 000 de HTPP + texturizantes en concentración media, lo que tiene coherencia con resultados expresados en las figuras anteriores.

A criterios de Méndez Natera et al., (2006), el impacto que la contaminación de HTP produce en el equilibrio ecológico de la rizósfera es que inhiben la mesofauna del suelo en casos de toxicidad aguda y por tanto disminuyen la germinación, el rebrote de meristemos y la elongación radicular, así como el contenido de clorofila y la fotosíntesis.

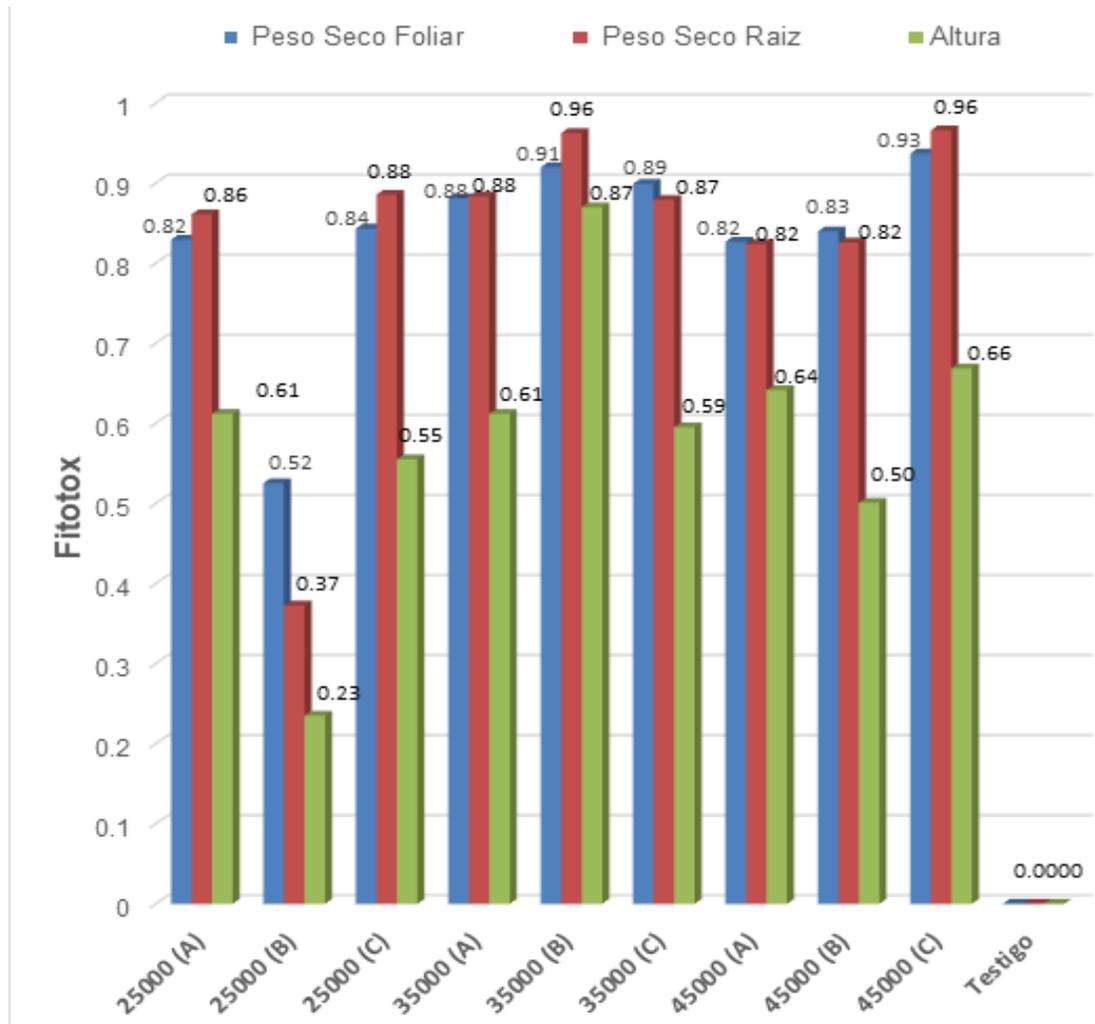


Figura 6. Índice Relativo de Impacto Fisiológico (IRIF) sobre las variables altura, peso seco foliar y peso seco de raíces en plantas de maíz

El Índice de Impacto Fitotóxico (IIF) que representa de manera numérica el impacto que producen los hidrocarburos sobre el crecimiento de las plántulas (Tabla 3), obtuvo afectaciones con la presencia del hidrocarburo en

todos los tratamientos del presente estudio, destacando una mayor inhibición en las variantes 35 000 B y 45 000 C.

Tabla 3. Índice de impacto Fitotóxico (IIF) en plántulas de maíz posterior a 240 días de biorremediación en biopilas

Tratamientos	Impacto Fitotóxico (IIF)	Respuesta
25000 B	0,7698	INHIBICIÓN
25000 M	0,3777	INHIBICIÓN
25000 A	0,7614	INHIBICIÓN
35000 B	0,7922	INHIBICIÓN
35000 M	0,9175	INHIBICIÓN
35000 A	0,7912	INHIBICIÓN
45000 B	0,7641	INHIBICIÓN
45000 M	0,7222	INHIBICIÓN
45000 A	0,8573	INHIBICIÓN

La afectación de los índices fitotóxico (IRIF e IIF) en presencia de hidrocarburos en el sustrato, ha sido reportada por Vázquez Luna et al., (2010) con repercusiones significativas en el crecimiento y desarrollo de *Leucina leucocephala* y *Crotalaria juncea* (Camarillo Ravelo et al., 2015), sobre *Lactuca sativa*, *Cucumis sativus*, *Brassica juncea* y *Nasturtium officinale*. Resultados similares informaron Arias et al., (2017) que demuestran de forma

cuantitativa los daños causados en el desarrollo de *P. vulgaris* en presencia de petróleo en el suelo desde cero hasta 0.93 y Trujillo Narcía et al., (2014) concluyeron que el cálculo de índices de impacto ecotoxicológico permite identificar parámetros sensibles para evaluar la calidad de la restauración de fluvisoles contaminados con petróleo crudo.

Sadunishvili et al., (2009), exponen que dicha acción fitotóxica se debe a que la fracción soluble del agua y los lixiviados de los hidrocarburos del petróleo, reducen el metabolismo y desarrollo fisiológico de las plantas, al inhibir madurez fisiológica de raíces y parte aérea. En este sentido, Abha y Swaranjit (2012), señalan que este efecto es una respuesta de la penetración de hidrocarburos a nivel celular, los que inducen cambios metabólicos intracelulares que conducen a marchitez, respuesta apreciada en el presente estudio.

Los indicadores analíticos pH (KCl), MO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> asimilable y Conductividad eléctrica (CE) realizados al suelo al finalizar el experimento (Tabla 4), tributaron en todos los casos valores superiores estadísticamente a los del testigo de suelo sin contaminación.

Tabla 4. Propiedades agroquímicas de un suelo PG sin contaminación y bajo diferentes dosis de contaminación HTP y adición de texturizantes a 240 días

Variantes	HTP mg .kg -1 Texturizantes		pH (KCl) (u)	MO %	P2O5 (mg. 100g-1)	CE ds.m-1
1.1	25 000	B	7,14ab	4,93cd	26,7d	6.03 ab
1.2		M	6,85cd	4,17d	34,7 bc	4.03 bc
1.3		A	6,92bcd	4,87cd	40,1ab	5.8 ab
2.1	35 000	B	7,14 ab	4,17d	27,5d	2.67 cd
2.2		M	7,09 abc	7,00a	34,1bc	5.0 bc
2.3		A	6,65d	4,57d	42,5a	7.97 a
3.1	45 000	B	7,23a	6,03b	32,6cd	5.2 b
3.2		M	7,03abc	5,63bc	36,1 bc	4.4 bc
3.3		A	6,93bcd	5,73 bc	38,0 abc	6.13 ab
Testigo	0	0	5,44e	2,43e	5,5e	0.57 e
ES±			0,0847**	0,3178**	1,960**	0.7333**

Los resultados obtenidos resultan similares al reportado con contaminación inferior de 10 000 mg.100g-1 HTP para igual tipo de suelo (Hernández et al., 2019), permaneciendo en el intervalo de 6 a 8 marcado como los límites inferior y superior, requerido para la ecotecnología de biopilas (Osoria, 2018).

Con relación al pH, Majbar et al., (2018), afirmaron que a partir de los 135 días de proceso en biopilas, se comienza a observar un aumento progresivo en el comportamiento del pH para todos los tratamientos, lo cual pudiera estar relacionado con la producción de amoníaco a partir de la degradación de las aminas. Por otra parte, Casals et al.,

(2020) en estudio realizado en biopilas a escala semipiloto, infieren que los cambios en el pH están relacionados con la capacidad tampón del suelo y con los texturizantes empleados y no presentan relación con las variables climáticas.

En la década del cuarenta del pasado siglo, Plice (1948) encontró grandes incrementos de materia orgánica en suelos contaminados con crudo y pH cercanos a la neutralidad. Por su parte, Martínez y López (2001), reportaron que la materia orgánica se incrementó de forma proporcional a la concentración de hidrocarburos, gasolina y

combustible hasta 340 % y Cortes et al., (2012) reportan incrementos del fósforo por encima del testigo.

En cuanto al parámetro CE, Romaniuk et al., (2007), refieren incrementos del mismo debido a que los hidrocarburos pueden contener restos de compuestos salinos durante la extracción y Martínez y López (2001) consideran que este comportamiento puede ser debido a un incremento de la actividad microbiana del suelo.

El análisis bifactorial realizado a indicadores agroquímicos del suelo solo aportó diferencias estadísticas en el factor dosis HTP para el Factor materia orgánica MO (Tabla 5), que resultó superior en las dosis 35 000 y 45 000 mg .kg<sup>-1</sup>. El pH y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y CE no presentaron diferencias estadísticas con el incremento de las concentraciones del contaminante.

Tabla 5. Influencia de dosis de hidrocarburo y concentración de texturizantes en la MO del suelo

Hidrocarburos	Texturizantes			Xm MO %
	B	M	A	
25 000	4,93	4,17	4,77	4.66 b
35 000	4,17	7,0	4,57	5,24 a
45 000	6,03	5,63	5,73	5,8 a
Xm MO	5,04	5,6	5,5	

ES±: Trat- 0,193ns, ES±: Subtratamientos: 0,193 \*\*

En estudios realizados por Martínez y López, (2001), la materia orgánica presentó incrementos proporcionales a dosis de hidrocarburos (0, 100, 500, 1000, 5 000, 10 000, 20 000,30 000, 50 000, 150 000 mg.kg<sup>-1</sup>) siendo el mayor con 150 000 mg. kg<sup>-1</sup> alcanzando el valor de 21.22 % vs 6.11 % en suelo sin contaminar. A criterio de estos autores, el contenido de MO del suelo contaminado es la suma de la materia biogénica (por la descomposición de vegetales y animales) y material petrogénica (por hidrocarburos). El aumento de MO no significa q sea benéfico ya que dicho aumento puede atribuirse a material de origen petrogénico y no biogénico.

Al respecto Fernández (2003), sugiere modificar el método de Walkley and Black para determinar materia orgánica en suelos contaminados con hidrocarburos, ya que esta metodología sobre estima la materia orgánica del suelo, debido a que la metodología se basa en que la materia orgánica es oxidada por una mezcla caliente de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Agrega que el problema sucede porque la mezcla caliente de dicromato de potasio y ácido sulfúrico puede oxidar moléculas de hidrocarburo y por consiguiente, obtendremos un dato mayor al real.

## CONCLUSIONES

Hubo afectaciones en el comportamiento de la emergencia, supervivencia, dinámica de crecimiento, peso seco foliar y de raíces de plantas de maíz en un suelo contaminado con dosis crecientes HTP resultante de un proceso

de biorremediación en biopilas con una combinación texturizantes.

En las dosis 25 000 mg.kg<sup>-1</sup> con adición de 8% de texturizantes hubo menor afectación del peso seco foliar y de raíces.

El Índice Relativo de Impacto Fisiológico (IRIF) mostró un efecto de inhibición en las variables altura, peso seco de las plantas y raíces, similar al Índice de Impacto Fitotóxico (IIF) sobre el desarrollo general de las plantas.

El pH, contenido de fósforo asimilable, materia orgánica y conductividad eléctrica del suelo fue superior al testigo en los tratamientos contaminados, aún después de 240 días del proceso en biopilas, a su vez, la materia orgánica aumentó en la medida que las dosis de HTP fueron superiores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abha S. & Swaranjit-Singh C. (2012). Hydrocarbon pollution: effects on living organisms, remediation of contaminated, environments, and effects of heavy metals co-contamination on bioremediation. En: Introduction to enhanced oil recovery (EOR) processes and bioremediation of oil-contaminated sites (L. Romero-Zerón, Ed.). InTech Europe, Rijeka, Croatia, pp. 185-206. DOI: [10.5772/48014](https://doi.org/10.5772/48014).
- Amadi A., A. A. Dickson, & G. O. Maate. (1993). Remediation of soils: 1. Effect of organic and inorganic nutrient supplements on the performance of maize (*Zea mays* L). *Water, Air and Soil Pollution* 66: 59-76.
- Arias, A., Rivera, M, & Trujillo, A. (2017). Fitotoxicidad de un suelo contaminado con petróleo fresco sobre *Phaseolus vulgaris* L. (LEGUMINOSAE). *Rev. Int. Contam. Ambiente.*, 33(3), 411-419. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v33n3/0188-4999-rica-33-03-411.pdf>
- Alrumman S., Standing B.D. & Paton I.G. (2015). Effects of hydrocarbon contamination on soil microbial community and enzyme activity. *J. King Saud Univ. Sci.* 27 (1), 31-41. DOI: [10.1016/j.jksus.2014.10.001](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2014.10.001)
- Camarillo Ravelo D., Barajas Aceves M. & Rodríguez Vázquez R. (2015) Evaluación de la fitotoxicidad de jales mineros en cuatro especies empleadas como bioindicadores de metales pesados. *Rev. Int. Contam. Ambiente.* 31 (2), 133-143. DOI: [10.1016/j.egypro.2011.03.149](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.149)
- Chaineau, H., C., Morel, J. L., & Oudot, J. (1997). Phytotoxicity and plant uptake of fuel oil hydrocarbons. *J. Environ. Quality*, 26, 1478-1483. Recuperado de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/26/6/JEQ0260061478>

- Casals Perez E., Dayana Rabasa Rabasa, Viera Ribol O., Gutierrez Benitez, O. & Castro Rodriguez D. (2020). Comportamiento de factores abióticos en la biorremediación de residuos petrolizados mediante biopilas a escala semipiloto. *Revista Centro Azúcar*. 47 (julio-septiembre): 36-46. ISSN: 2223- 4861. <http://centroazucar.uclv.edu.cu>
- CITMA. (2016). Estrategia ambiental nacional 2016-2020. Recuperado de <https://www.repositorio.geotech.cu.pdf>
- Cortés, R., Olazábal, E., Marrero, O., Águila, E., Serrano, H. & Seijo, M. (2012). Estudios ecotoxicológicos de suelos contaminados con petróleo en CUPET Villa Clara. Cuba. Villa Clara: Centro de Bioactivos Químicos. Universidad Central de Las Villas.
- Cuba. Oficina Nacional de Normalización. NC-ISO-10390. (1999). Calidad del suelo. Determinación de pH. La Habana: ONN.
- Cuba. Oficina Nacional de Normalización. NC-51 (1999 a). Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del porcentaje de materia orgánica. La Habana: ONN.
- Cuba. Oficina Nacional de Normalización, NC-52. (1999 b). Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. La Habana: ONN.
- Cuba. Oficina Nacional de Normalización, NC- 112. (2001). Calidad del Suelo. Determinación de la conductividad eléctrica y sales solubles totales en suelos afectados por salinidad Relación suelo- agua 1:5. La Habana: ONN.
- Cruz J.M., Lopes P.R.M., Montagnolli R.N., Tamada I.S., Silva N.M.M.G. & Bidoia E.D. (2013). Phytotoxicity of soil contaminated with petroleum derivatives and biodiesel. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 8 (1), 49-54. DOI: [10.5132/eec.2013.01.007](https://doi.org/10.5132/eec.2013.01.007)
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11 (1), 1-42. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/pdf/3001478.pdf>
- Ekundayo, E. O., Emede, T. O., & Osayande, D. I. (2001). Effects of crude oil spillage on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in soils of Midwestern Nigeria. *Plant Foods for Human Nutrition*, 56 (4), 313 -324. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11678437>
- Fernández, F. (2003). Bioestimulación de suelo contaminado con gasolina y su efecto en el desarrollo de *Vicia sativa* L. Tesis Profesional para optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, Especialidad: Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México
- Flores López J. S. & Benites Santisteban J. C. (2015). Efecto del estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de diésel en terrarios. Tesis para optar el título profesional de licenciado en biología-microbiología-parasitología. Lambayeque, Perú.
- Gafari Rahbar F., Kiarostami K. & Shirdam R. (2012). Effects of petroleum hydrocarbons on growth, photosynthetic pigments and carbohydrate levels of sunflower. *J. Food Agric. Environ.* 10 (1), 773-776.
- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, I. D.; Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Hernández Rodríguez Consuelo, Ojeda Quintana L., Arteaga Rodríguez O. & Sánchez Cordero, L. (2019). Emergencia y desarrollo del maíz (*Zea mays* L.) en un suelo contaminado con hidrocarburos totales del petróleo en fase inicial y a 340 días de biorremediación en biopilas. *Revista Científica Agroecosistemas*. 7(2): 94-102.
- Iturbe, R.; Flores, C.; Chávez, C.; Roldán, A. 2002. Saneamiento de suelos contaminados con hidrocarburos mediante biopilas. *Ingeniería, Investigación y Tecnología III* (1):25-35.
- Marín Velásquez. T. D. 2016. Enfoque UTE, V.7-N.3, Sep.2016, pp.1 – 13 <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/> e-ISSN: 1390-6542 / p-ISSN: 1390-9363
- Majbar, Z., Lahlou, K., Abbou, M.B., Ammar, E., Triki, A., Abid, W., Nawdali, M., Bouka, H., Taleb, M., Haji & M.E., Rais, Z. (2018). Co-composting of olive mill waste and wine-processing waste: an application of compost as soil amendment. *Journal of Chemistry*, No. Especial, pp. 1-9.
- Martínez V. y López F. (2001). Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra Latin*. 19(1): 9-17.
- Méndez Natera, J. R., Salazar Garantón, R., & Velásquez, A. (2006). Efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas en dos tipos de maíz (*Zea mays* L.). *Revista UDO Agrícola* 6(1), 102-108. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/pdf?-cg06013>
- OECD (2006). Test No. 208: Terrestrial plant test: seedling emergence and seedling growth test. Guía para la evaluación de sustancias químicas. Organization for Economic Cooperation and Development, 21 pp. DOI: [10.1787/9789264070066](https://doi.org/10.1787/9789264070066)

- Osoria, F. (2018). Proyecto de investigación de descontaminación de suelos por Diesel en el laboratorio de construcción Eptisa., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Master en Ciencias, Especialidad Química Industrial, Universidad de Coruña, España.
- Pérez Vargas, J., García Esquivel, G., & Esparza García, F. (2002). Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Avance y Perspectivas*, 21, 297-300. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/es/revista/avance-y-perspectiva/articulo/papel-ecologico-de-la-flora-rizosferica-en-fitorremediacion>
- Plice, M. J. (1948). Some effects of crude petroleum on soil fertility. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 14, 413-416.
- Quiñones Aguilar, E. E.; R. Ferrera Cerrato; F. Gavi Reyes; L. Fernández-Linares; R.; Rodríguez Vázquez & A. Alarcón. (2003). Emergencia y crecimiento de maíz en un suelo contaminado con petróleo crudo. *Agrociencia* 37 (6): 585-594.
- Romaniuk R., Brant F., Ruth P., & Giuffré (2007). Atenuación natural y remediación inducida en suelo contaminado con hidrocarburos. *Edafología*, San Marti 4459/14171. Buenos Aires. Argentina. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar>
- Sadunishvili T., Kvesitadze E., Betsiashvili M., Kuprava N., Zaalishvili G. & Kvesitadze G. (2009). Influence of hydrocarbons on plant cell ultrastructure and main metabolic enzymes. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 3 (9), 429-434.
- Sangeetha J. & Thangadurai D. (2014). Effect of biologically treated petroleum sludge on seed germination and seedling growth of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae). *Braz. Arch. Biol. Tehn.* 57 (3), 427-433. DOI: [10.1590/S1516-8913201400500001](https://doi.org/10.1590/S1516-8913201400500001).
- Semple K.T., Reid B.J. & Fervor T.R. (2001) "Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants" *Environmental Pollution* 112: 269-283.
- Trujillo Narcía A., Rivera Cruz M. C., Lagunes Espinoza L. C., Palma López D. J., Sánchez Soto S. & Ramírez Valverde G. (2014). Biological parameters of the restoration of soil polluted by crude oil. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 1 (2), 107-122.
- Vázquez Luna D., Castelán Estrada M., Rivera-Cruz M.C., Ortiz Ceballos A.I. & Izquierdo R.F. (2010). *Crotalaria incana* L. y *Leucaena leucocephala* Lam. (Leguminosae): especies indicadoras de toxicidad por hidrocarburos de petróleo en el suelo. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 26 (3), 183-191.
- Xu, J.G. & R. L. Johnson. (1995). Root growth microbial activity and phosphatase activity in oil contaminated, remediated and uncontaminated soil planted to barley and field pea. *Planted soil* 73: 3-10.

# 04

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

## METODOLOGÍA PARA MEDIR LA CAPACIDAD DE PRODUCIR SEMILLAS DE CALIDAD EN PLANTAS ÉLITE DE CAFÉ

## METHODOLOGY TO MEASURE THE CAPACITY TO PRODUCE QUALITY SEED IN ELITE COFFEE PLANTS

Joselyn Elizabeth Astudillo Herrera<sup>1</sup>

E-mail: [jastudill5@utmachala.edu.ec](mailto:jastudill5@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7462-5861>

José Nicasio Quevedo Guerrero<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García Batista<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

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

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Astudillo Herrera, J. E., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2022). Metodología para medir la Capacidad de Producir Semillas de Calidad en Plantas élite de Café. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 35-43. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

### RESUMEN

La selección inadecuada de los granos de café para la obtención de semillas, genera la necesidad de desarrollar metodologías para evaluar e identificar los puntos óptimos para obtener plántulas de calidad. El objetivo del trabajo fue implementar una metodología que permita identificar el lateral y nudos más idóneos para obtener semillas de calidad. Para esta investigación se seleccionaron 10 plantas élite de la variedad Sarchimor y Bourbon. Las plántulas obtenidas se evaluaron de acuerdo a la escala BBCH (Arcila et al., 2001). Se evaluaron en los granos de los laterales de plantas élite las variables: °Brix, color de granos y forma del grano y en las semillas se evaluaron: peso de semillas buenas, semillas vanas, número de días de germinación, emergencia, y en plántulas: longitud del hipocótilo, área foliar con el primer, segundo y tercer par de hojas y número de días de aparición del primero, segundo y tercer par de hojas. El análisis estadístico se realizó con el software IBM-SPSS 25. Las dos variedades de café en la división de laterales y agrupación de los nudos presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p=0,05$ ). Se logró identificar el sitio más apto de los laterales para la obtención de semillas y también se observó que la variedad influye en los resultados.

### Palabras clave:

Lateral, nudos, características fenotípicas, idóneos, genética.

### ABSTRACT

The inadequate selection of coffee beans to obtain seeds generates the need to develop methodologies to evaluate and identify the optimal points to obtain quality seedlings. The objective of the work was to implement a methodology that allows identifying the most suitable lateral and knots to obtain quality seeds. For this research, 10 elite plants of the Sarchimor and Bourbon variety were selected. The seedlings obtained were evaluated according to the BBCH scale (Arcila et al., 2001). The following variables were evaluated in the lateral grains of elite plants: °Brix, grain color and grain shape, and in the seeds were evaluated: weight of good seeds, empty seeds, number of days of germination, emergence, and in seedlings: hypocotyl length, leaf area with the first, second and third pair of leaves and number of days of appearance of the first, second and third pair of leaves. Statistical analysis was performed with the IBM-SPSS 25 software. The two varieties of coffee in the division of laterals and grouping of knots presented statistically significant differences ( $p=0.05$ ). It was possible to identify the most suitable site of the laterals for obtaining seeds and it was also observed that the variety influences the results.

### Keywords:

Phenotypic characteristics, lateral, suitable, genetics, knots.

## INTRODUCCIÓN

El café en el Ecuador, es un cultivo que se caracteriza por su gran potencial e importancia económica, distribuido en las 24 provincias del país, siendo fuente generadora de empleo para 105000 familias productoras y alrededor de 700000 familias vinculadas a la comercialización, industria, transporte y exportación (Valverde et al., 2020).

El establecimiento y desempeño de las plantaciones depende de factores principales como la calidad de planta que se utiliza. La falta de acceso a semillas de alta calidad es considerada uno de los factores que influye decisivamente en la productividad, debido a la limitada e ineficiente asistencia técnica que ha tenido el cultivo de café, lo que no ha permitido la producción y selección adecuada de semillas óptimas (FAO, 2021).

La selección de semillas a partir de plantas élite con un alto potencial genético, aseguran una producción de café de calidad y permite mantener la pureza genética de la variedad, evitando posibles pérdidas en la cosecha y a nivel económico (Velásquez O, 2019).

La provincia de El Oro se ha caracterizado principalmente por su capacidad de producir café, debido a la amplia variedad de microclimas que presenta, que van desde tropicales y subtropicales, temperaturas de 19,9°C a 27°C y una altitud de 0 a 1.720 m.s.n.m lo que permite su producción en cantones de la parte alta de la provincia tales como Zaruma, Balsas, Atahualpa, Las Lajas y Piñas (Gonzalez Mendez & Barrezueta Unda, 2018).

Es importante tener una metodología que permita evaluar la calidad de semillas que producen los diferentes laterales y nudos del café para determinar si existen diferencias estadísticas significativas que permitan establecer el sitio exacto de los laterales o nudos para obtener plantas de calidad.

La Universidad Técnica de Machala como ente generador de tecnologías e innovación para la producción en su carrera de Agronomía, busca generar conocimientos en sus estudiantes que, como futuros profesionales en la rama, puedan aportar para que los productores de café incrementen sus cosechas y potencien la reactivación de la matriz productiva, ya que Ecuador es un país caficultor por excelencia.

El objetivo del estudio fue implementar una metodología que permita identificar el lateral y nudos aptos para obtener semillas de alta calidad que produzcan plántulas vigorosas en el cultivo de café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en campo abierto desde octubre del 2021 hasta marzo del 2022, en la Granja Experimental "Santa Inés", ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, en el 5km vía Machala - Pasaje, Parroquia el Cambio, Provincia del Oro, ubicada en Machala- Ecuador con coordenadas geográficas: 79°54'05" W & 03°17'16" S.

El área de investigación, según los registros del INAMHI posee una precipitación anual media de 630 mm, temperatura promedio de 24°C, horas luz de 5 de acuerdo a la época, humedad relativa media de 90%. De acuerdo a la zona de vida natural de Holdridge la región corresponde a una zona húmeda tropical.

**Material genético,** Para la investigación se usaron plantas élite de café (*Coffea* spp.) con 38 meses de desarrollo. Las variedades que se utilizaron fueron **Sarchimor** y **Bourbón**, principales variedades arábicas cultivadas en el Ecuador.

### Metodología

**Caracterización de las plantas élite,** Las plantas élite de café se definen como aquellas que presentan características agronómicas y cualidades organolépticas sobresalientes sobre otras, por tener gran tamaño de semilla, calidad industrial, altos rendimientos, alta actividad combinatoria, resistencia a plagas y enfermedades entre otros, esta selección de plantas élite en campo, permite producir nuevas plantas con características más homogéneas y potenciar las cosechas.

Se seleccionaron 10 plantas élite de café de la variedad Sarchimor y Bourbón y de acuerdo a su morfología se identificaron los laterales y el número de nudos por cada lateral. Los laterales se dividieron en 3 partes (parte inicial, medio y final) y se enumeraron los nudos de acuerdo a la longitud del lateral y finalmente se agruparon en función de la división del lateral.

### Arquitectura de la planta

Las plantas élite de estudio, se desarrollaron vegetativamente en condiciones similares de nutrición, cantidad de sombra, humedad del suelo, precipitación, humedad relativa, cantidad de horas luz y manejo agronómico (Figura 1 y 2).



Figura 1. Arquitectura de la planta de café de la variedad Sarchimor



Figura 2. Arquitectura de la planta de café de la variedad Bourbon

### Evaluación de variables

Para la evaluación de variables en las plántulas de café, se empleó el uso de la escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) (Arcila et al., 2001), para estados de crecimiento en plantas mono y dicotiledóneas, aplicada a los estados fenológicos de *Coffea* sp., definiéndose para el presente trabajo su periodo desde el estado principal de crecimiento 0 hasta el 13.

En los granos de café obtenidos de las plantas élite se evaluaron las variables: grados brix, color del grano y forma del fruto y en las semillas las variables: peso seco de semillas, peso de semillas buenas, semillas vanas, número de días de germinación y emergencia, longitud del hipocótilo con el primero, segundo y tercer par de hojas, el área foliar del primero, segundo y tercer par de hojas y el número de días de aparición del primer, segundo y tercer par de hojas

Se realizaron conteos cada tres días, a partir de la germinación y visualización del arco hipocótilo, seguido de la emergencia de las plántulas con sus cotiledones expandidos y finalmente hasta que las plántulas alcanzaron los 3 pares de hojas. Labor que se llevó a cabo, con el fin de identificar el lateral y nudos más idóneos para obtener plántulas de calidad.

La Longitud del hipocótilo se midió con regla milimetrada, desde el cuello de la raíz hasta el primer par de hojas, segundo par de hojas y tercer par de hojas cotiledóneas y finalmente para determinar el área foliar de las hojas se utilizaron aquellas que cumplieran con sus estados de crecimiento de acuerdo a la escala BBCH, finalmente, se determinó el área foliar, mediante las medidas lineales del largo y ancho de las hojas empleando la siguiente fórmula (Encalada, 2018):

$$AF = \{[0,64 * (L * A)] + 0,49\}$$

División de los laterales: Los laterales se dividieron en tres partes: parte inicial, medio y final, de acuerdo a la longitud y número de nudos del lateral en ambas variedades (Figura 3 y 4).

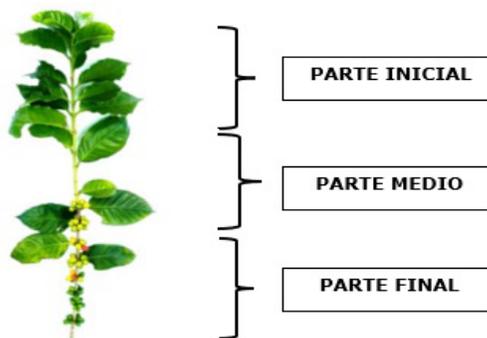


Figura 3. División de los laterales en el cultivo de café de la Variedad Sarchimor

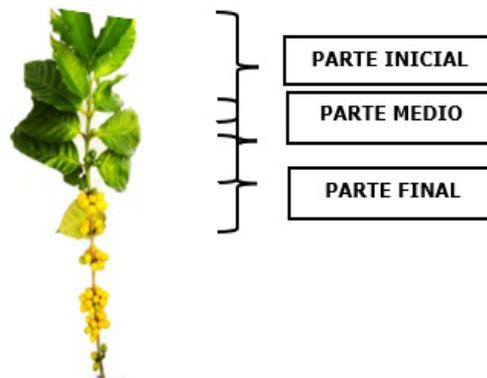


Figura 4. División de los laterales en el cultivo de café de la Variedad Bourbon

**Conteo de Nudos:** De acuerdo a la arquitectura de la planta de café, los laterales o ramas del cafeto están formadas desde el ápice por nudos, sitio en donde se ubican las hojas y los granos de café. El conteo de los nudos se realizó en función del tamaño longitudinal de los laterales y su ubicación en la planta, luego se los agrupó de acuerdo a la división de los laterales (Figura 5).

### NUDOS



Figura 5. Identificación de los nudos en los laterales del cultivo de café

**Conteo de granos por Nudos:** Se realizó contabilizando la cantidad de granos por cada nudo en función de su ubicación y longitud del lateral en la planta y finalmente se agruparon los nudos de acuerdo a la división del lateral.

**Grados Brix:** Se tomaron 10 granos de café por cada división del lateral para determinar la cantidad de azúcares presentes, utilizando un refractómetro, marca BOECO modelo VBR62.

**Peso de Semillas por Lateral:** El peso de las semillas por lateral se determinó en función de la cantidad de granos obtenidos de la división de los laterales, luego se

descascarillaron y agruparon obteniendo finalmente el peso de las semillas por cada división del lateral.

**Color del grano con cascarillas:** La caracterización del color del fruto de café se realizó a partir de la Tabla de Munsell. Se tomaron los granos de café de cada lateral y se los agrupó de acuerdo a su división, finalmente se tomó 10 muestras por cada división y se determinó el color.

**Forma del grano:** La caracterización de la forma del fruto de café, se realizó empleando la lista de descriptores de café publicada por IPGRI (International Resources Institute, 1996). Se tomaron granos de cada variedad de café y de acuerdo al descriptor se visualizó y determinó la forma del grano.

**Escarificado del grano:** Una vez realizado el procesado de clasificación y pesado de los granos de café, se procedió a escarificarlos para reducir la dureza de las semillas y acelerar el proceso de germinación facilitando el desarrollo de las plántulas en menor tiempo.

**Selección de las Semillas de café:** Se desarrolló la selección de las semillas de acuerdo al defecto que presentaban en su tamaño, color, peso, daño y forma brocado, cristalizado, anormal, fermentado, inmaduro, manchado, mohoso, negro, opaco, partido, quebrado, vano, vacío y pequeño.

**Siembra de las Semillas de Café:** Una vez realizada la selección de las semillas, se procedió a dejarlas durante 24 horas sumergidas en agua para su posterior siembra. Las mismas fueron ubicadas en fundas de polietileno, de color negro, de 6 x 8 pulgadas con un sustrato a base de hojarasca, humus y tamo de arroz, previamente desinfectado con agua caliente.

La siembra se realizó introduciendo una semilla por cada funda a una profundidad de 1cm. De acuerdo a la división de los laterales, se realizó la selección de 15 semillas con 3 repeticiones en las dos variedades, obteniendo un total de 45 muestras por variedad.

**Germinación:** Durante los primeros 25 a 40 días después de la siembra, se pudo observar los primeros estados de germinación y emergencia de las plántulas mostrando características como: brote de la semilla y aparece curvada y cotiledones cerrados. De acuerdo a la escala BBCH, se determinó el estado de crecimiento y desarrollo de las plántulas.

**Análisis de los datos:** El análisis estadístico de los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación para las variables: grados brix, peso seco de semillas buenas y vanas, número de días de germinación y emergencia de las plántulas, longitud del hipocótilo (mm) con el primero, segundo y tercer par de hojas, área foliar del primero, segundo y tercer par de hojas y número de días de aparición del primero, segundo y tercer par de hojas, se realizó mediante análisis bifactorial y pruebas de Tukey al 0,05 de significancia, con la ayuda del programa estadístico informático IBM SPSS STATISTICS versión 25.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Variables evaluadas a los granos de café, durante la primera fase de selección de semillas de calidad*

**Peso de las Semillas descascarilladas:** No se han reportado rangos óptimos para esta variable, sin embargo, según (Loor Solórzano et al., 2016), la selección de la semilla es considerada una actividad importante, debido a que de ella depende una nueva plantación, por ello se debe considerar aspectos físicos como el tamaño, peso y ranura recto de la misma.

Los resultados mostraron que el peso total de las semillas descascarilladas en ambas variedades de café, presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,00$ ) en las tres partes evaluadas de las divisiones de los laterales. Para la variedad Bourbon, los mayores valores corresponden a la parte del lateral medio con 0.25 gramos. En la variedad Sarchimor, alcanzaron los 0.17 gramos, para la parte inicial (Figura 6). Aunque entre las partes de los laterales, no existen diferencias significativas e interacciones evaluadas ( $p > 0,05$ ).

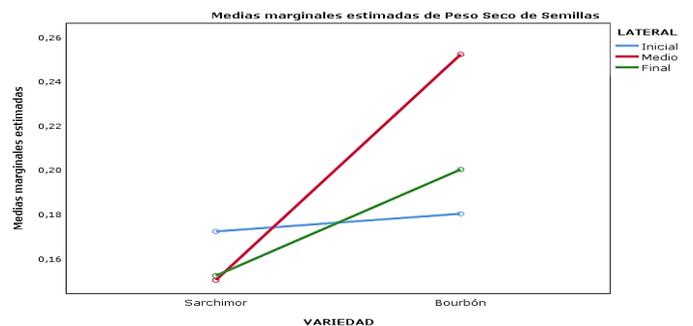


Figura 6. Variable Peso Seco de las Semillas en dos variedades de café Sarchimor y Bourbon en función de la división de los laterales

**Color de los granos:** Los colores promedios de los granos de café alcanzados en el ensayo son similares a los reportados por (Juárez et al., 2018), los granos de la variedad Sarchimor alcanzaron valores de 3/8/5R y Bourbon con 7/10/5Y, de acuerdo a la Tabla de Munsell para tejido vegetal. Mostrando una homogeneidad de colores, entre las partes de los laterales y variedades.

**Forma del Grano:** De acuerdo a la lista de descriptores morfológicos publicada por IPGRI, para la forma de los granos de café, se evaluaron 10 muestras de frutos normales maduros. Determinando que para la variedad Sarchimor presentaron forma del fruto redondeada, mientras que para Bourbon presentó forma elíptica. No se ha determinado la forma adecuada que debe tener un grano de café para lograr una buena cosecha y producción de plántulas, sin embargo, en investigaciones pasadas según (Arcila Pulgarín, 2007) se recomienda utilizar material de desarrollo uniforme, de mayor tamaño y de óptima calidad, estas características permitirán producir plantas más vigorosas.

**Grados Brix:** Los grados brix estuvieron entre los rangos que se reporta para obtener un buen grado de

maduración del café, siendo el óptimo el rango 15 hasta los 24 (Vidal Villeda, 2014).

La variedad Sarchimor, presentó valores que oscilaron entre 18,5 y 20,2 y en Bourbon entre 18,1 y 21,8 grados brix respectivamente (Figura 7), sin diferencias significativas entre la división de los laterales y variedades. Aunque los valores más altos se localizaron en la parte final del lateral para Sarchimor y en Bourbon en la parte inicial.

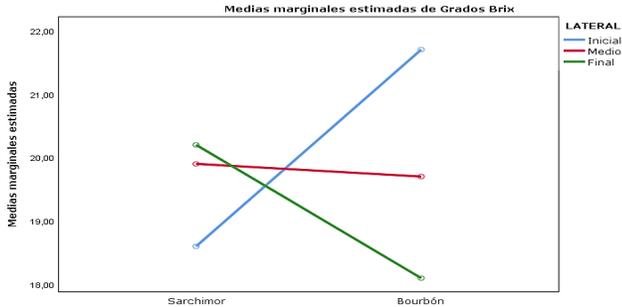


Figura 7. Variable Grados Brix de los granos de café en la variedad Sarchimor y Bourbon, para las diferentes divisiones de los laterales

**Peso del número de semillas buenas:** En la Figura 8 a continuación, se puede observar que los mayores pesos de semillas buenas para la variedad Sarchimor se localizaron en la parte media e inicial del lateral con 0,16 g y en la variedad Bourbon en la parte final con 0,27 g, respectivamente, con diferencias estadísticas altamente significativas entre variedades y división de los laterales evaluados ( $p < 0,05$ ), mientras que (Montilla Pérez et al., 2008), reportó para esta variable un peso de 0,21 g en café seleccionado.

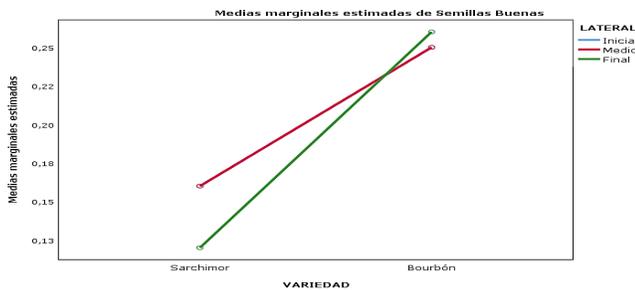


Figura 8. Variable Peso del número de semillas buenas en la variedad Sarchimor y Bourbon, para las diferentes divisiones de los laterales

**Peso del número de semillas vanas:** Como se muestra en la Figura 9, respecto al peso del número de semillas vanas, los mayores valores registrados estuvieron entre 0,22 g y 0,23 g para las variedades de café Sarchimor y Bourbon respectivamente, presentando diferencias estadísticas altamente significativas entre la división de los laterales y entre variedades.

No se han reportado rangos óptimos sobre esta variable; sin embargo, es considerada un factor determinante en la selección de semillas para realizar una adecuada siembra y tener una producción de plántulas de calidad, nunca deben propagarse semillas pequeñas y con defectos físicos según lo manifiesta (Honorio Villanueva, 2019).

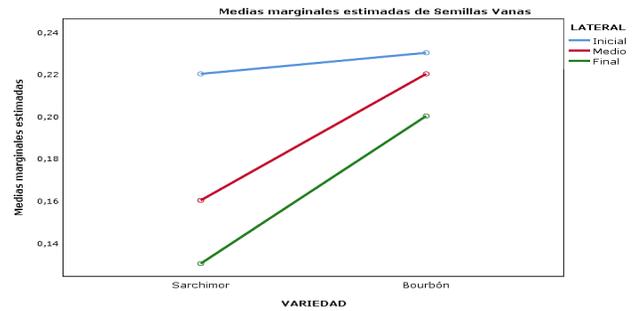


Figura 9. Variable Peso del número de semillas vanas en la variedad Sarchimor y Bourbon, para las diferentes divisiones de los laterales

### Variables evaluadas en plántulas

**Número de días de germinación:** La semilla de café según (Guerrero et al., 2016) germina alrededor de los 45 días en zonas bajas (<800 msnm) y de 50 a 60 días para zonas altas (>800 msnm), esta variable como se denota en la Figura 10 a continuación, en el caso de la zona de estudio que se ubica a los 6 msnm, alcanzaron los máximos valores entre 44 y 48 días de germinación para la parte inicial y final en la variedad Sarchimor y Bourbon.

El menor número de días de germinación lo registro la parte final y la parte media de los laterales en las dos variedades, sin diferencias estadísticas significativas.

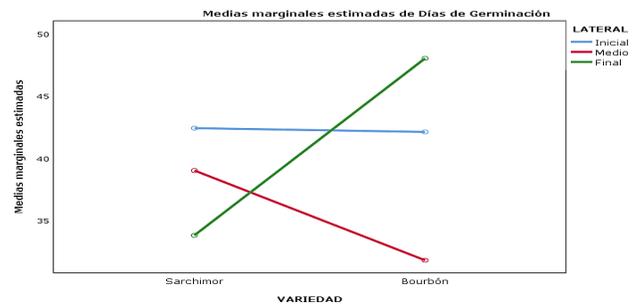


Figura 10. Variable Número de días de germinación de las variedades de café Sarchimor y Bourbon, para las diferentes divisiones de los laterales

**Número de días de emergencia:** Según (IICA, 2020) las plántulas comienzan a emerger, aproximadamente a los 49 - 50 días después de la siembra, en esta variable como se observa en la Figura 11, para la variedad Sarchimor y Bourbon en la parte inicial cumplen con el rango reportado, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ). El menor número de días de emergencia se presentó en la parte final del lateral en Sarchimor con un número de 41 días y para Bourbon a los 45 días.

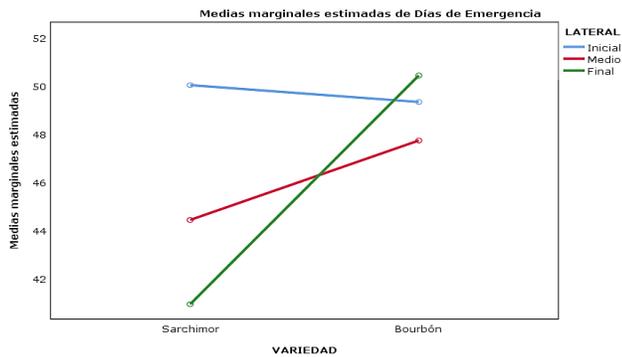


Figura 11. Variable Número de días de emergencia de las plántulas en dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Longitud del hipocótilo (Primer par de hojas):** Con respecto a la longitud del hipocótilo con el primer par de hojas, se determinó que los valores máximos de esta variable en la variedad Sarchimor se registró en la parte final con 4,3 cm y en la variedad Bourbón en la parte media con 5,50 cm, con diferencias estadísticas significativas entre variedades y división de los laterales ( $p < 0,00$ ).

(Rojas Gonzales, 2014), evaluó el crecimiento del cultivo de café a los 2 meses, utilizando la aplicación de biol enriquecido de sustancias orgánicas y registro una longitud de 6 cm.

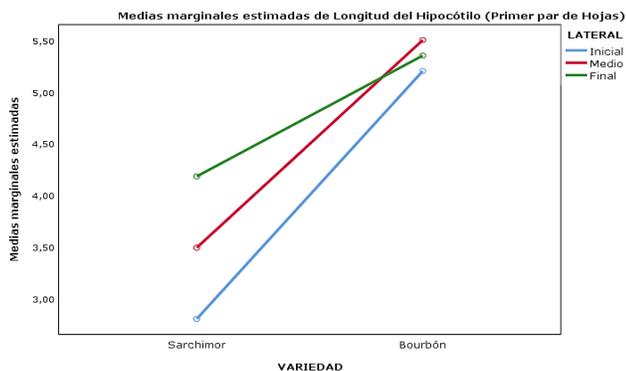


Figura 12. Variable Longitud del hipocótilo con el primer par de hojas, en dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Longitud del hipocótilo (Segundo par de hojas):** Como se puede apreciar en la Figura 13 que la variedad Sarchimor presentó mayores valores en la parte inicial, en cuanto a longitud del hipocótilo con el segundo par de hojas con 4,70 cm y Bourbón 6 cm para todas las partes del lateral, encontrándose diferencias estadísticas significativas entre variedades. Mientras (Gordillo et al., 2021), evaluó el efecto del ácido salicílico sobre la germinación y emergencia en plántulas de café y reportó una longitud del hipocótilo de 4,3 cm.

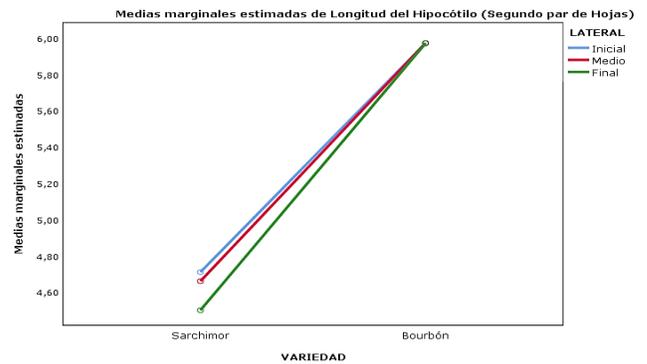


Figura 13. Longitud del hipocótilo con el segundo par de hojas, en dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Longitud del hipocótilo (Tercer par de hojas):** La mayor longitud del hipocótilo con el tercer par de hojas se presentaron en la parte final del lateral en la variedad Sarchimor con 7,2 cm y en la variedad Bourbón alcanzaron los 10,2 cm en la parte media, presentando diferencias estadísticas significativas entre variedades ( $p < 0,00$ ) y ( $p < 0,02$ ) entre las divisiones de los laterales (Figura 14).

(Valarezo et al., 2021), evaluó semanalmente el crecimiento de 5 cultivares empleando tratamientos y reportó una longitud aproximada de 7,5 cm para la variedad Sarchimor y 8 cm para Bourbón durante la tercera semana.

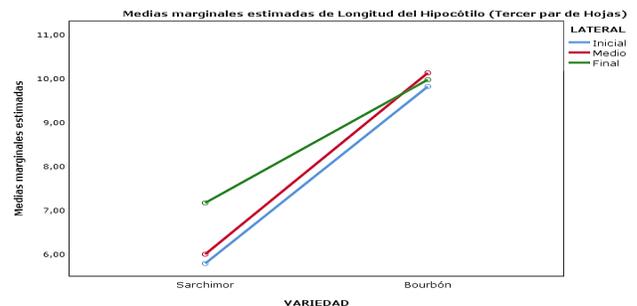


Figura 14. Variable Longitud del hipocótilo con el tercer par de hojas, en dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Área Foliar de plántulas (Primer par de hojas):** En la Figura 15, el área foliar de las plántulas con el primer par de hojas en la variedad Sarchimor presentó valores máximos promedio de 7,10 cm<sup>2</sup> en la parte final del lateral y para Bourbón 7,70 cm<sup>2</sup> para la parte media, presentando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,00$ ) entre variedades y ( $p < 0,03$ ) entre las divisiones de los laterales.

(Cisneros et al., 2017), evaluaron la influencia de microorganismos en plántulas de café y sus efectos en su crecimiento y reportó un área foliar de 11,61cm<sup>2</sup>.

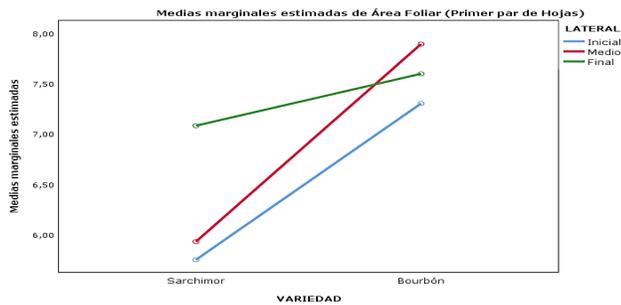


Figura 15. Variable Área Foliar del Primer par de Hojas en plántulas de dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Área Foliar de plántulas (Segundo par de hojas):** El mayor promedio del área foliar con el segundo par de hojas, lo obtuvo la variedad Sarchimor con un área foliar de 7,90 cm<sup>2</sup> en la parte final y la variedad Bourbón con 7,80 cm<sup>2</sup> en la parte inicial, presentando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,02$ ) entre las variedades y división de los laterales ( $p < 0,00$ ) (Figura 16).

El acumulado del área foliar en la parte inicial para la variedad Sarchimor fue 118.5 cm<sup>2</sup> y para Bourbón con el segundo par de hojas 117 cm<sup>2</sup>.

Según (López Gamboa, 2018), Al evaluar en campo el comportamiento de una población de plántulas de café, reportó un área foliar promedio mínimo de 26.57 cm<sup>2</sup> y valores máximos de 88,19 cm<sup>2</sup>.

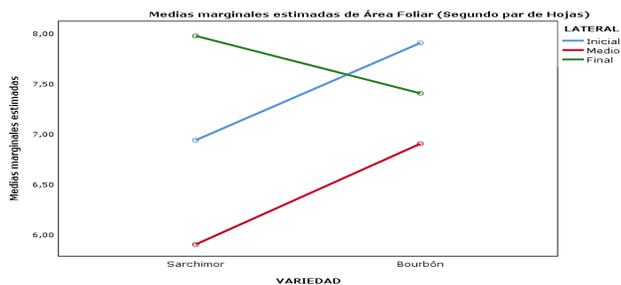


Figura 16. Variable Área Foliar del segundo par de hojas en plántulas de dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Área Foliar de plántulas (Tercer par de hojas):** Con relación al área foliar de las plántulas con el tercer par de hojas, se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre variedades ( $p < 0,02$ ) y en la división de los laterales ( $p < 0,00$ ). Siendo la parte final en la variedad Sarchimor que presentó los valores más altos con 8 cm<sup>2</sup> y en la variedad Bourbón con 7,90 cm<sup>2</sup> en la parte inicial (Figura 17).

El valor acumulado de esta variable para la variedad Sarchimor en la parte inicial fue de 120 cm<sup>2</sup> y para Bourbón 118.5 cm<sup>2</sup> con el tercer par de hojas. Encalada Cordóva, et al. (2016), determinaron en plántulas de café con 7 pares de hojas un valor promedio de 189.59 cm<sup>2</sup>.

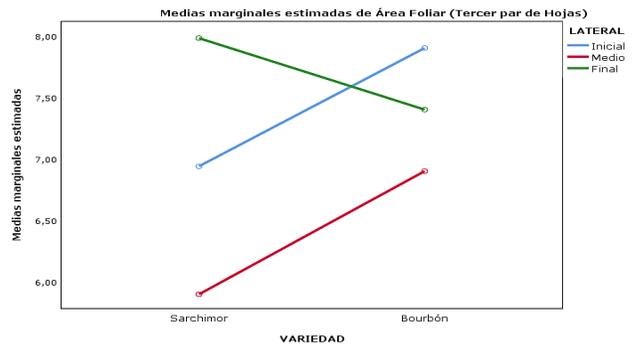


Figura 17. Variable Área Foliar del tercer par de hojas en plántulas de dos variedades de café Sarchimor y Bourbón en función de la división de los laterales

**Días de aparición del primer par de hojas:** En cuanto a los días de aparición del primer par de hojas se observó que no existen diferencias estadísticas significativas entre variedades y división de los laterales ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, para esta variable en la variedad Sarchimor alcanzaron los 50 días en la parte final, 55 días para la parte medio y 64 días para la parte inicial y en Bourbón 52 días en la parte inicial, 63 días en la parte final y 68 días en la parte media (Figura 18), mientras que (Arcila et al., 2001), en su escala BBCH, reportó que a los 63 días se da la aparición del primer par de hojas después de la siembra.

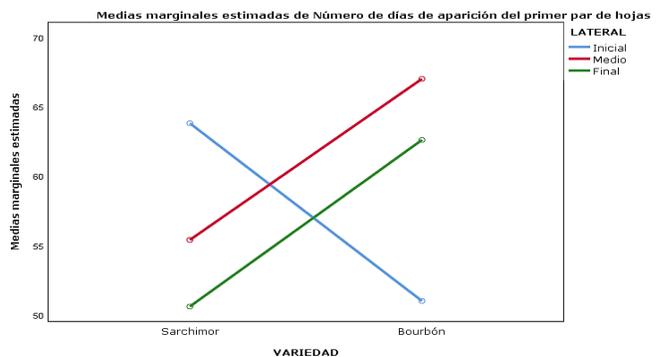


Figura 18. Variable Días de aparición del primer par de hojas

**Días de aparición del segundo par de hojas:** Con relación a esta variable se determinó que existió diferencia significativa entre las divisiones de los laterales ( $p < 0,01$ ). La parte final y medio del lateral en la variedad Sarchimor, se destacan por tener el menor número de días de aparición del segundo par de hojas con 74 y 83 días y Bourbón en la parte del lateral medio e inicial con 74 y 82 días, como se denota en la Figura 19. Mientras que (Barquero Miranda, 2016), reportó en su estudio sobre la fisiología del cafeto la aparición del segundo par de hojas a los 60 días.

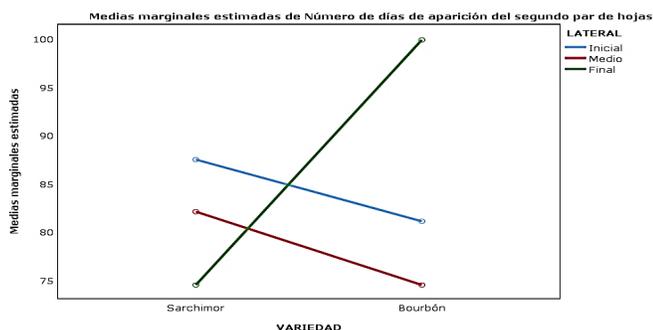


Figura 19. Variable Número de Días de aparición del segundo par de hojas

**Días de aparición del tercer par de hojas:** La división de los laterales que tuvieron menor número de días de aparición del tercer par de hojas fue la parte final con 94 días para la variedad Sarchimor y la parte media con 94 días para Bourbon. Presentando diferencias estadísticas significativas entre variedades y división de los laterales ( $p < 0,00$ ). Con relación a esta variable (Arcila Pulgarín, 2007), manifiesta que un par de hojas o nudo se origina alrededor de los 25 o 30 días y dentro de un año se forman alrededor de 12 a 14 pares de ramas, es decir que un tercer par de hojas se formaría a los 90 días aproximadamente.

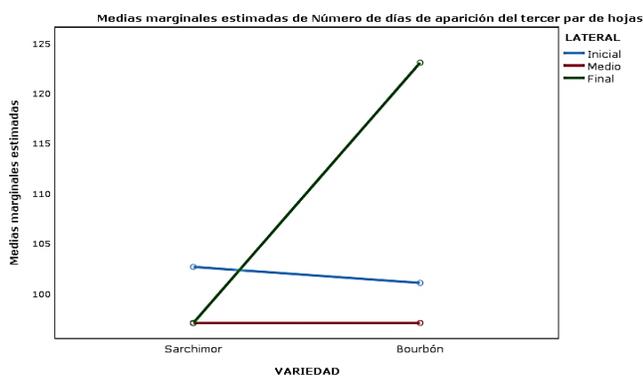


Figura 20. Variable Número de Días de aparición del tercer par de hojas

## CONCLUSIONES

La metodología propuesta determina que las mejores semillas para la variedad Sarchimor se localizan en la parte final del lateral, presentando las medias más altas para grados brix, número de días de germinación y emergencia, longitud del hipocótilo, área foliar y número de días de aparición del primero, segundo y tercer par de hojas. La variedad Bourbon presentó la parte media del lateral como la más idónea para obtener un mejor peso de las semillas, número de días de germinación y emergencia, longitud del hipocótilo con el primero, segundo y tercer par de hojas, área foliar con el primer par de hojas y menor número de días de aparición del segundo y tercer par de hojas, demostrando que la metodología propuesta permite obtener semillas y plántulas de calidad a partir de plantas élite de café.

Ambas variedades y divisiones del lateral estudiados tuvieron influencia en las características de las plántulas obtenidas, evidenciándose que los grados brix

estadísticamente no presentan significancia, pero si se puede apreciar valores distintos para cada variedad y división de los laterales estudiados, presentando los promedios más bajos con 18,1 grados brix en la parte inicial del lateral para la variedad Sarchimor y con de 18,7 grados brix en la parte final en la variedad Bourbon, este parámetro influye en la maduración óptima del café la cual determina la concentración de azúcares en los granos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arcila Pulgarín, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., & Wicke, H. (2001). Aplicación de la "Escala BBCH ampliada" para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café (*Coffea sp.*). Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafe. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/578/3/bot0023.pdf>
- Arcila Pulgarín, J. (2007). Establecimiento del Cafetal. En J. Arcila P, F. Farfán V, A. Moreno B, L. Salazar G, & E. Hincapié G, *Sistemas de producción de café en Colombia* (págs. 87-100). Cenicafe. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/5/4.%20Establecimiento%20y%20administraci%C3%B3n%20cafetal.pdf>
- Barquero Miranda, M. (2016). Fisiología del Cafeto. *Fisiología del Cafeto* (págs. 1-58). Cicafe. [http://www.mag.go.cr/informacion/imagenes-nama-cafe-taller/Fenologia%20del%20cafeto,%20un%20enfoco%20practico%20\(Barquero,%20MM\)%20NAMA-Cafe.pdf](http://www.mag.go.cr/informacion/imagenes-nama-cafe-taller/Fenologia%20del%20cafeto,%20un%20enfoco%20practico%20(Barquero,%20MM)%20NAMA-Cafe.pdf)
- Cisnero R, C., Franco, J., Realpe Fernández, & Fuenmayor, J. (2017). Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arabica*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 19-26. [doi:http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(15\)19-26](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(15)19-26)
- Encalada Córdoba, M., Soto Carreño, F., & Morales Guevara, D. (2016). Crecimiento de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.) con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 72-78. [doi:http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7681](http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4335.7681)
- Encalada, M. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), 70-84. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/414/350>
- FAO. (2021). Producción de semillas de calidad en aras de un rendimiento de calidad. <https://www.fao.org/in-action/producing-quality-seeds-means-quality-yields/es/>
- Gonzalez Mendez, R., & Barrezueta Unda, S. (2018). Diagnóstico y análisis de la cadena de valor del café ecuatoriano durante el período 2010 2015. (Tesis de Pregrado). Machala: Universidad Técnica de Machala.

- Gordillo Curiel, A., Rodríguez Larramendi, L., Salas Marina, M., & Rosales Esquinca, M. (2021). Efecto del ácido salicílico sobre la germinación y crecimiento inicial del café (*Coffea arabica* L. var. Costa Rica 95). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia.*, 38(1), 43-59. doi:[https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n1.03](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.03)
- Honorio Villanueva, J. (2019). Efecto del tipo y escarificación de las semillas de café (*Coffea canephora* Pierre) y su relación con el desarrollo de plántones en vivero Tingo María. (Tesis de pregrado). Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- IICA. (2020). Guía práctica de Caficultura. El Salvador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://iica.int/sites/default/files/2020-11/impression%20GPCAFI%2010.2020.pdf>
- IPGRI. (1996). Descriptores del Café (*Coffea* spp. y *Psilanthus* spp.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)., [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx\\_news/Descriptores\\_del\\_caf%C3%A9\\_Coffea\\_spp.\\_y\\_Psilanthus\\_spp.\\_487.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Descriptores_del_caf%C3%A9_Coffea_spp._y_Psilanthus_spp._487.pdf)
- Loor Solórzano, R., Casanova Mendoza, T., & Plaza Avellán, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios de cacao y café. Pichilinge: Iniap.
- López Gamboa, E. (2018). Crecimiento, evaluación morfológica y de susceptibilidad a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) en una población de plantas M1 de café (*Coffea arabica* L.) tratadas con el agente mutagénico Azida de Sodio en Turrialba, Costa Rica. (Tesis Posgrado). Turrialba: Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/10322/1/44271.pdf>
- Montilla Pérez, J., Arcila Pulgarín, J., Aristizábal Loaiza, M., Montoya Restrepo, E., Puerta Quintero, G., Oliveros Tascón, C., & Cadena Gómez, G. (2008). Propiedades Físicas y Factores de conversión del café en el proceso de beneficio. *Cenicafé*, 1-8. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/358/1/avt0370.pdf>
- Rojas Gonzales, J. (2014). Evaluación de crecimiento de "café" y "cacao", tratado con tres aplicaciones de biol, enriquecido con sustancias orgánicas en la producción de plántones en Lamas 2013. (Tesis Grado). Mayobamba: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- Valarezo Rivera, N., Quevedo Guerrero, J., Ajila Gia, L., García Batista, R., & Chabla Carrillo, J. (2021). Evaluación del porcentaje de germinación de cinco cultivos de café (*Coffea Arabica* L.) empleando cuatro tratamientos en vivero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 69-76. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/446>
- Valverde, L., Moreno Quinto, J., Quijije Quiroz, K., Castro Landín, A., Merchán García, W., & Gabriel Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arábica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18-28. doi:<http://dx.doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100018>
- Velásquez O, R. (2019). Guía de variedades de café y selección de semilla. Guatemala: Asociación Nacional del Café. Anacafé. <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%A9nDa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>
- Vidal Villeda, M. (2014). Rango ideal de concentración de sólidos solubles durante la maduración del café y su influencia sobre la calidad de taza, en dos variedades y tres niveles altitudinales. Tesis de Grado. Guatemala de la asunción: Universidad Rafael Landívar. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/14/Vidal-Marco.pdf>

# 05

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

## COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO INCEPTISOL EN LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y CACAO

BEHAVIOR OF SOME CHEMICAL PROPERTIES OF AN INCEPTISOL SOIL IN CORN AND COCOA CROPS

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>

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>

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

### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M. (2022). Comportamiento de algunas Propiedades Químicas de un Suelo del orden Inceptisol en los cultivos de maíz y cacao. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 44-50. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

### RESUMEN

La degradación del suelo, la pérdida de la biodiversidad y el inadecuado uso de los recursos naturales constituyen los principales factores, que afectan la producción agrícola a nivel mundial. El estudio investigativo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de algunas propiedades químicas (MO, pH, N, P, K, Ca, Mg, CE y CIC) de un suelo Inceptisol bajo los cultivos de maíz y cacao en la granja Santa Inés, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. Para ello, se tomaron muestras de suelo de 1 kg a las profundidades del perfil de 0-15, 15-30 y 30-45 cm, en tres calicatas efectuadas en puntos permanentes de muestras de 10 m<sup>2</sup> establecidos en los agroecosistemas maíz y cacao. Se demostró el efecto del tipo de cultivo sobre el porcentaje de materia orgánica del suelo, el contenido de nitrógeno, fósforo asimilable y la capacidad de intercambio catiónico, y se demuestra que los cultivos de ciclo corto donde el suelo se rotura con mayor frecuencia estos indicadores se deterioran más rápido que en los cultivos perennes o semiperennes, como el cacao. Por otra parte, el pH del suelo, potasio, calcio y conductividad eléctrica no mostraron modificaciones en relación a los tipos de cultivo estudiados.

### Palabras clave:

Suelo Inceptisol, materia orgánica, pH del suelo, elementos primarios, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico.

### ABSTRACT

Worldwide, crop production is affected by several factors, including soil degradation, loss of biodiversity and inadequate use of natural resources. The investigative study was carried out with the objective of evaluating the behavior of some chemical properties (pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, CIC and CE) of an Inceptisol soil under corn and cocoa crops in the Santa Inés farm, Machala canton, El Oro province, Ecuador. For this, soil samples of 1 kg were taken at profile depths of 0-15, 15-30 and 30-45 cm, in three pits made at permanent sampling points of 10 m<sup>2</sup> established in the corn and cocoa agroecosystems. The influence exerted by the type of crop on the percentage of organic matter in the soil, the content of nitrogen, assimilable phosphorus and the cation exchange capacity was evidenced, and it was shown that short-cycle crops where the soil breaks more frequently these indicators deteriorate faster than in perennial or semi perennial crops, such as cocoa. On the other hand, soil pH, potassium, calcium and electrical conductivity did not show changes in relation to the types of studied crops.

### Keywords:

Inceptisol soil, pH, organic matter, primary elements, cation exchange capacity, electrical conductivity.

## INTRODUCCIÓN

La utilización de la agricultura para satisfacer las necesidades alimenticias de una población en crecimiento constante han contribuido a la modificación de ecosistemas naturales en agroecosistemas; lo cual, ha provocado conflictos con la conservación de bosques y desequilibrios ecológicos, producto al establecimiento de prácticas de manejo agrícola insostenibles, entre las que se encuentran la utilización excesiva de productos químicos para efectuar la producción de cultivos (Quijano-Cuervo et al., 2021) y sellado del suelo por el establecimiento de vías e infraestructuras construidas con diferentes fines (García y Álvarez, 2021).

El deterioro del suelo ocurre por múltiples consecuencias, entre las cuales se encuentra la pérdida de nutrientes, directamente, la que se debe al agua que se filtra hacia las capas más profundas o arrastrado por las escorrentías, o también de forma indirecta, cuando es erosionado por materiales que los pueden fijarlos (Suquilanda, 2008).

El manejo que se realiza en los sistemas de explotación agropecuaria para la obtención de productos agrícolas, es un factor que favorece el deterioro de las propiedades químicas de los suelos, afectándose su fertilidad y la disminución de la productividad de cultivos (Rodríguez et al., 2020).

La actividad agrícola puede ser insostenible cuando se implementan inadecuadas prácticas culturales, como el uso y abuso de fertilizantes, pesticidas y equipos agrícolas, el excesivo pastoreo de animales, incorrecta rotación de cultivos, mala aplicación de los sistemas de riego, los cuales se consideran como los principales procesos ejecutados por el hombre que ocasionan degradación del suelo (Espinoza et al., 2011).

En Ecuador, entre los años 1982-2003, la degradación de los suelos representó el 14,2% del total de la tierra arable del territorio nacional, que abarca 34.686 km<sup>2</sup>, aunque Conforme (2014), indica que, en el año 2011, cerca de 37,5 mil km<sup>2</sup> (15% de suelos cultivados), se encuentran en estado de erosión, es decir, la afectación al suelo aumentó en un 0,8%, distribuido nacionalmente en la región Sierra (25,9%), región Costa (30%) y en la Amazonia (44%).

En una investigación desarrollada por Montatixe et al. (2020) con el objetivo de evaluar el efecto de la degradación del suelo sobre el ingreso económico de la agricultura familiar en la parroquia Emilio María Terán, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, Ecuador a través de una encuesta; concluyeron que la principal causa de degradación del suelo es la que se produce por la erosión antropogénica, así como, otras causas secundarias, entre las que se encuentran, el sistema de riego que se utilice, el uso excesivo de agroquímicos, y las diferentes fuentes que contaminan el ambiente; además, se determinó que la principal actividad económica que se desarrolla en la parroquia proviene de la agricultura (Muñoz et al., 2013).

En Ecuador los cultivos de mayor importancia son el cacao (*Theobroma cacao* L.), que alcanza un área agrícola

del 19,45% y el maíz (*Zea mays* L.) con un 20,74% (MAG, 2020).

El estudio de tipo no experimental se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de algunas propiedades químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno total, P, K, Ca, Mg, CIC y CE) de un suelo Inceptisol bajo los cultivos de maíz y cacao en la granja Santa Inés, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del estudio

La presente investigación se realizó en la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5½ vía Panamericana, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador; la cual se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 03°17'16" de latitud Sur y 79°54'05" de longitud oeste, a una altitud de 5 msnm.

Las muestras de suelo de 1 kg de peso fueron tomadas a las profundidades del perfil del suelo a 0-15, 15-30 y 30-45 cm, en tres calicatas efectuadas en los agroecosistemas maíz y cacao, en puntos permanentes de muestreo previamente identificados, con la finalidad de determinar el impacto que puede ejercer un cultivo de ciclo corto y un cultivo perenne sobre algunas propiedades químicas de un Inceptisol.

Según Villaseñor et al. (2015), el suelo del área estudiada pertenece al orden Inceptisol, con temperaturas medias superiores a los 24°C, precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm; y una heliofanía promedio anual de 3,4 horas por día.

Los métodos analíticos utilizados para las determinaciones analíticas de las propiedades químicas del suelo (pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, CIC y CE), fueron realizadas en el Laboratorio de suelos, foliares y aguas, Tumbaco, Quito, Ecuador, perteneciente a la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2019) (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades químicas estudiadas y métodos de determinación utilizados en laboratorio

Propiedad del suelo	U/M	Método
pH	Unidad	Potenciómetro
Materia orgánica (MO)	%	Volumétrico
Nitrógeno total (N)	%	Volumétrico
Fósforo asimilable (P)	mg/kg de suelo	Colorimétrico
Potasio intercambiable (K)	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Calcio intercambiable (Ca)	cmol/kg de suelo	Absorción atómica

Magnesio intercambiable (Mg)	cmol/kg de suelo	Absorción atómica
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	Conductímetro
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	Cálculo

Fuente: Laboratorio de suelos, foliares y aguas, Tumbaco, Quito, Ecuador (AGROCALIDAD, 2019)

### Procedimiento estadístico

Las diferencias estadísticas que se puedan presentar o no, entre los sistemas de producción maíz y cacao, en función de las variables materia orgánica, pH, nitrógeno total, fósforo asimilable, potasio intercambiable, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica del suelo, a tres profundidades en el perfil (0-15, 15-30 y 30-45 cm) se detectaron con la prueba paramétrica t de Student para grupos independientes. De forma previa se verificó para cada variable objeto de estudio, el cumplimiento de los supuestos de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows, con un nivel de significación del 5,0% ( $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### pH del suelo

En la profundidad del perfil de suelo a 0-15 cm se encontró diferencias estadísticas significativas en el pH, presentando el área dedicada al cultivo de maíz un valor de 7.83 y en cacao 7.20; al igual que a 15-30 cm de profundidad, obteniéndose un valor de pH de 8,04 para maíz y en cacao de 7.58; lo que puede estar asociado al lavado de sales solubles en el área donde se realiza intensificación de la agricultura. A los 30-45 cm de profundidad de suelo no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los agroecosistemas de maíz (8.13) y cacao (7.88) (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento del pH del suelo en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	7.83a	8.04a	8.13a
Cacao	7.20b	7.58b	7.88a
p-valor	0.035	0.041	0.216

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p\text{-valor}\leq 0.05$ )

En algunos suelos cultivados con cacao en la zona de Machala, provincia de El Oro, se alcanzaron valores de

pH entre 5,1 a 7,0; óptimos para el desarrollo de la plantación, presentándose una tendencia a la alcalinidad (Barrezueta-Unda, 2019).

### Materia orgánica del suelo

Las variaciones en el contenido de MO del suelo en los cultivos de maíz y cacao en la profundidad de 0-15 cm, indican que se presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre ambos agroecosistemas; obteniéndose un contenido alto de MO en el cultivo de cacao con 3,71%, lo cual puede deberse a la constante producción de hojarasca, tallos y ramas que genera este sistema de producción, los cuales se incorporan al suelo, además en este agroecosistema el suelo no se labra, lo que favorece el contenido de materia orgánica y el incremento de la fertilidad; mientras el suelo del área de maíz presenta un contenido bajo en esta variable con un valor de 0,64%. En la profundidad del suelo de 15-30 cm se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos agroecosistemas, presentándose un valor mayor en cacao de 1,87% y muy bajo en maíz de 0,07%, con tendencia a disminuir estos porcentajes a mayor profundidad, ya que, a la profundidad de 30-45 cm, se obtuvo un valor muy bajo en maíz (0,02%) diferente estadísticamente a lo alcanzado en el área dedicada a la producción de cacao (0,58%) (Tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento de la materia orgánica del suelo (%) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.64a	0.07a	0.02a
Cacao	3.71b	1.87b	0.58b
p-valor	0.001	0.000	0.004

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p\text{-valor}\leq 0.05$ )

El suelo al someterse a un manejo intensivo y continuado, los valores porcentuales de materia orgánica disminuyen, propiciándose las condiciones para la degradación de las propiedades físicas y químicas (Carrillo, 2021). Además, cuando el suelo se cultiva se mejora la aireación y separación de los residuos orgánicos, favoreciéndose su descomposición por los microorganismos, los cuales contribuyen a su mineralización (Moreno et al., 2015).

### Nitrógeno total

Los elementos primarios, nitrógeno y fósforo, tienen un comportamiento similar al de la MO, ya que al descomponerse la biomasa que genera este cultivo, se mejora la fertilidad del suelo; a diferencia del cultivo de maíz, donde el suelo está sometido a una labranza frecuente y una explotación intensiva que origina la disminución de estos nutrientes (Benintende et al., 2008).

El porcentaje de nitrógeno en la profundidad de 0-15 cm, demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los agroecosistemas de maíz y cacao, el valor más alto se encontró el cultivo de cacao (0,188%), lo cual está relacionado al aporte de biomasa de este cultivo, que al descomponerse aporta N al horizonte superficial; mientras en el caso del sistema de producción de maíz el porcentaje de N es muy inferior (0,033%). La alta extracción de N que ocurre en este cultivo y los efectos negativos por el exceso de labranza, al tratarse el maíz de un cultivo de ciclo corto, evidencian la existencia de un contenido bajo de N en el agroecosistema de maíz. El porcentaje de nitrógeno para la profundidad de suelo a 15-30 cm se muestra que se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos cultivos, con un valor mayor en cacao (0,093%) y menor en maíz (0,003%) con tendencia a disminuir estos porcentajes a mayor profundidad. El contenido de N en la profundidad de 30-45 cm muestra un comportamiento similar a las profundidades anteriores, con valor de 0,030% para cacao y 0,00 % en el cultivo de maíz (Tabla 4).

Tabla 4. Comportamiento del nitrógeno total (%) del suelo en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.033a	0.003a	0.000a
Cacao	0.188b	0.093b	0.030b
p-valor	0.001	0.000	0.002

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05)

Los bajos contenidos de N están se relacionan con la acelerada mineralización que presenta en las zonas tropicales por consecuencia de la temperatura y humedad (Benintende et al., 2008). Barrezueta-Unda (2019) indican que el N representa una gran influencia en el ecosistema de cacao y está altamente relacionado con el potasio en la función fisiológica del llenado de las mazorcas.

Castillo (2015) reporta que los porcentajes bajos de materia orgánica son ocasionados por la actividad principal del cultivo de maíz, que absorbe la mayor cantidad de nutrimentos en el suelo, e influye en la disminución de la CIC y el nitrógeno en el suelo.

### Fósforo asimilable

El contenido de P en la profundidad de 0-15 cm, indica la existencia de diferencias significativas entre los dos agroecosistemas, el valor más alto se registró en el cultivo de cacao (23,350 mg/kg de suelo); mientras en el cultivo de maíz el contenido de P presentó un valor de 3,233 mg/kg. El contenido de fósforo del suelo en la profundidad de 15-30 cm muestra diferencias estadísticamente significativas entre los dos cultivos, con un valor mayor en cacao (6,425 mg/kg de suelo) y una menor cantidad para maíz (3,430 mg/kg de suelo). El contenido de P en la profundidad de

30-45 cm, no presenta diferencias significativas entre los dos sistemas de producción. El suelo del área de cacao presenta un valor de 3,325 mg/kg y en el cultivo de maíz el valor es de 3,333 mg/kg (Tabla 5).

Tabla 5. Comportamiento del fósforo asimilable del suelo (mg/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	3.233a	3.430a	3.333a
Cacao	23.350b	6.425b	3.325a
p-valor	0.001	0.000	0.945

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05).

Las zonas tropicales se caracterizan por un contenido insuficiente de fósforo que puede reducir el área foliar en plantas de maíz, lo cual, guarda relación con el contenido de arcilla, ya que ésta tiende a adsorber gran cantidad de P (Núñez-Cano et al. 2018).

### Potasio intercambiable

El contenido de K en las tres profundidades estudiadas (0-15, 15-30 y 30-45 cm) no mostró diferencias estadísticas significativas entre los dos agroecosistemas estudiados, como se puede apreciar en la Tabla 6, lo que demuestra, que este suelo está bien abastecido de K, para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz y cacao, no presentando degradación este nutriente por el tipo de cultivo que se implemente (Tabla 6).

Tabla 6. Comportamiento del potasio asimilable del suelo (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.623a	0.433a	0.230a
Cacao	0.690a	0.438a	0.265a
p-valor	0.289	0.965	0.538

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05)

Bugarín-Montoya et al. (2007) afirma que la disponibilidad del contenido de potasio en el suelo se encuentra íntimamente relacionada con la capacidad de intercambio catiónico, además del porcentaje y tipo de arcilla que el suelo presente.

### Calcio intercambiable

El contenido de Ca sólo mostró diferencias significativas en las profundidades de 15-30 cm y 30-45 cm en los agroecosistemas de maíz y cacao, obteniéndose 15,47 y 16.88 para 0-15 cm y 16.29 y 16.34 (Tabla 7).

Tabla 7. Comportamiento del calcio intercambiable (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	15.47a	14.24a	15.29a
Cacao	16.88a	16.77b	16.34a
p-valor	0.098	0.015	0.199

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

En una investigación realizada en plantaciones de cacao por Arévalo-Gardini et al. (2016), se obtuvo que el Ca presentó una variación entre 2,99 y 38,69 cmol/kg de suelo; y que se encuentra relacionado con altos valores de pH; resultados que coinciden con lo obtenido en el presente estudio, en el contenido de calcio y el pH, cuyo valor es de 7,58.

### Magnesio intercambiable

El contenido de Mg en la profundidad de 0-15 cm, indica la existencia de diferencia significativa entre los dos agroecosistemas; en el cultivo de maíz el valor fue de 3,58 cmol/kg y en el de cacao de 2,77 cmol/kg. El valor más bajo en el cultivo de cacao está condicionado al porcentaje de arena de 16,50; lo que concuerda con lo reportado Barrezueta-Unda, (2019).

En la profundidad de 15-30 cm, por lo que, existe diferencia significativa entre los dos cultivos, con un valor de 3,78 cmol/kg para el maíz y de 2,57 cmol/kg en cacao. El contenido de Mg en las profundidades de suelo a 30-45 cm, diferencia estadísticamente significativa entre los dos sistemas de producción, con un valor 4,23 cmol/kg para maíz y de 2,75 cmol/kg en el cultivo de cacao (Tabla 8).

Tabla 8. Comportamiento del magnesio intercambiable (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	3.58a	3.78a	4.23a
Cacao	2.77b	2.57b	2.75b
p-valor	0.010	0.000	0.011

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

### Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica no mostró diferencias estadísticas entre los agroecosistemas maíz y cacao a las tres profundidades de suelo analizadas (Tabla 9).

Tabla 9. Comportamiento de la conductividad eléctrica (dS/m) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	0.319a	0.205a	0.194a
Cacao	0.309a	0.208a	0.179a
p-valor	0.837	0.925	0.695

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

Barrezueta-Unda (2019) reporta como nivel óptimo de CE para suelos de la provincia de El Oro un valor menor a 1.00 dS/m, lo cual concuerda con los valores obtenidos en esta investigación, los cuales fluctuaron entre 0.179 y 0.319 dS/m, lo que significa que no existen problemas de salinidad en el suelo.

### Capacidad de intercambio catiónico

La CIC mostró diferencias estadísticas altamente significativas en las tres profundidades del perfil de suelo evaluadas y entre los dos agroecosistemas estudiados. Los valores fluctuaron de 24,16 a 30,68 en cacao y de 6,37 a 13,28 en el cultivo de maíz; correspondiendo siempre el valor más alto a la profundidad de 0-15 cm y el más bajo a la profundidad de 30-45 cm (Tabla 9), lo que, puede estar condicionado a los elevados porcentajes de arcilla y MO encontrados en el agroecosistema cacao.

Tabla 9. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg de suelo) en un Inceptisol a tres profundidades del perfil en los agroecosistemas maíz y cacao

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	13.28a	9.15a	6.37a
Cacao	30.68b	24.98b	24.16b
p-valor	0.002	0.000	0.000

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

Los altos valores de CIC en el suelo obtenidos en el agroecosistema cacao se encuentran relacionados potencialmente con los elevados porcentajes de arcilla y materia orgánica que se presentan en estos sistemas productivos, así como, una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, como mencionan Bueno & Fernández (2019).

### CONCLUSIONES

El tipo de cultivo ejerce influencia en algunas propiedades químicas del suelo. De manera generalizada se puede afirmar que el manejo agrícola que se realiza en los dos sistemas de producción (maíz y cacao), genera importantes modificaciones en las propiedades químicas del suelo.

El sistema de producción de maíz, presenta una disminución en el contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, magnesio y capacidad de intercambio catiónico, con respecto al agroecosistema de cacao, lo que, influye notablemente en su potencial productivo debido a una baja fertilidad.

El contenido de materia orgánica del suelo, en la profundidad de 0-15 cm, del cultivo de cacao es de 3,71%, muy superior al que presenta en maíz (0,64%); debido a la constante generación de biomasa que produce el sistema de cacao y a la existencia de cero labranzas del suelo, una situación similar presenta los elementos nutritivos nitrógeno, fósforo y magnesio.

La capacidad de intercambio catiónico del suelo del cultivo de maíz es baja (13,28 cmol/kg de suelo), evidenciándose baja fertilidad para la producción de cultivos y alta en cacao (30,68 cmol/kg); lo cual, puede estar relacionado con los porcentajes de arena, arcilla y materia orgánica del suelo.

Los problemas manifiestos de degradación del suelo encontrados en el agroecosistema de maíz, se debe a la acción continuada de laboreo que se realiza al suelo, por ser este un cultivo de ciclo corto, con una duración de alrededor de 120 días en su ciclo vegetativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCALIDAD (2019). Interpretación de resultados de Laboratorio para la región costa. Laboratorio de suelos y aguas. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, Ecuador.

Arévalo-Gardini, E., Obando-Cerpa, M. E., Zúñiga-Cernades, L. B., Arévalo-Hernández, C. O., Baligar, V., & He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>

Barrezueta-Unda, S. (2019). Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1), 155. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210>

Benintende, M., De Battista, J., Benintende, S., Saluzzio, M., Muller, C., & Sterren, M. (2008). Estimación del aporte de nitrógeno del suelo para la fertilización racional de cultivos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 19(37), 141–174. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14511370007>

Boada, R., & Espinosa, J. (2016). Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. *Siembra*, 3(1), 67–82. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.262>

Bueno, R., & Fernández, J. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, 4(1), 7–12. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/view-content.cgi?article=1029&context=ai>

Bugarín-Montoya, R., Galvis-Spínola, A., Hernández-Mendoza, T., & García-Paredes, D. (2007). Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. *Agricultura Técnica En México*, 33(1), 73–81. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v33n1/v33n1a8.pdf>

Carrillo, R. L. (2021). Influencia del tipo de cultivo en algunas propiedades físicas y químicas de un Inceptisol de la provincia de El Oro. (trabajo de titulación). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16548>

Castillo, B. E. (2015) Caracterización de las propiedades y fertilidad de los suelos del cantón Marcabellí provincia de El Oro (tesis de pregrado). UTMACH. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1118>

Conforme, G. (2014). Degradación de los suelos en el Ecuador. Estudio compilatorio de la degradación de suelos en Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en: <https://es.slideshare.net/gconformezoaeta/estudio-compilatorio-de-degradacion-de-los-suelos-en-el-ecuador-ing-gonzalo-conforme>

Espinoza, M., Andrade, E., River, P., Romero, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de geografía*, (53-54), 77-88. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40721572006>

García, M. P; Álvarez, B. (2021). Preservación del medio natural en los Reales Sitios del entorno de Madrid. *Investigaciones Geográficas*, 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.14198/INGEO.18344>

INAMHI. (2017). Anuario meteorológico. In Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Issue 53).

Moreno, C., González, M. I., & Egido, J. A. (2015). Influencia del manejo sobre la calidad del suelo. *ECUADOR ES CALIDAD: Revista Científica Ecuatoriana*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.36331/revista.v2i1.8>.

Muñoz, D. J.; Ferreira, M.; Berenice, I.; López, J. (2013). Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida. *Revista TERRA LATINOAMERICANA*. 31(3) 201-210. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n3/2395-8030-tl-31-03-00201.pdf>

- Núñez-Cano, J. I., Villarreal-Núñez, J. E., Gordón-Mendoza, R., Franco-Barrera, J. E., Jaén-Villarreal, J. E., & Sáez-Cigarruista, A. E. (2018). Retención de fósforo en suelos dedicados al cultivo de maíz en la Región de Azuero. *Ciencia Agropecuaria*, 29, 65–78. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/153>
- MAG (2020). Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería—Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito. Ecuador. Disponible en: [https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario\\_14-08-2020-1\\_compressed.pdf](https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf)
- Montatixe, C. I., Eche, M. D. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra* 8 (1). Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1735/3181>
- Quijano-Cuervo, L. G., Robledo-Ospina, L. E., & Fernando, García-Fernández, L. F; Escobar Sarria, F. (2021). Arañas: tejiendo un eslabón crucial para el equilibrio de los agroecosistemas. *Revista Digital Universitaria*, 22(3), 40–49. <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2021.22.3.5>
- Rodríguez, I., Pérez, H., García, R., & Quezada, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389–398. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1724>
- Suquilanda, M. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo. XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n2a5>

**IMPACTO DEL TIPO DE CULTIVO EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO INCEPTISOL EN LA GRANJA SANTA INÉS**

IMPACT OF THE TYPE OF CROP ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF AN INCEPTISOL SOIL IN FARM SANTA INES

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>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>Roy Leonardo Carrillo Loja<sup>1</sup>E-mail: [rlcarrillo\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:rlcarrillo_est@utmachala.edu.ec)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6268-0545><sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

## Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., Carrillo Loja, R. L. (2022). Impacto del tipo de Cultivo en Algunas Propiedades Físicas de un Suelo Inceptisol en la granja Santa Inés. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 51-57. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

## RESUMEN

El suelo es uno de los recursos esenciales para el desarrollo de la vida, porque se ha convertido en un elemento clave del ciclo natural de la materia y la energía; es una parte importante de la biosfera para la producción de alimentos y mantener la calidad ambiental. El objetivo de la investigación fue determinar el impacto que ejercen los cultivos de maíz y cacao sobre las propiedades físicas de un Inceptisol en la granja Santa Inés, provincia de El Oro, Ecuador. En ambos cultivos se realizaron tres minicalicatas de 60 cm de profundidad y 60 cm de largo y ancho, en las cuales se tomaron muestras de suelo a 0-15, 15-30 y 30-45 cm de profundidad del suelo. En el agroecosistema de maíz se presenta un contenido mayor de arena en el suelo, que se incrementa a medida que se profundiza en el perfil; mientras en el cultivo de cacao este indicador es inferior. Con respecto al contenido de arcilla la situación es inversa; lo que pone de manifiesto la influencia del tipo de cultivo en el deterioro de las propiedades físicas del suelo, presentándose diferencias muy altas debido precisamente a la perturbación originada en el suelo del área de maíz por el exceso de labranza, con relación al suelo del área de cacao donde la labranza es cero.

## Palabras clave:

Agroecosistemas, Inceptisol, degradación física, arena, limo, arcilla, densidad real.

## ABSTRACT

The soil is one of the essential resources for the development of life, because it has become a key element in the natural cycle of matter and energy. It is an important part of the biosphere for food production and maintaining environmental quality. The objective of the research was to determine the impact of corn and cocoa crops on the physical properties of an Inceptisol at the Santa Inés farm, El Oro province, Ecuador. In both crops, three mini pits 60 cm deep and 60 cm long and wide were made, in which soil samples were taken at 0-15, 15-30 and 30-45 cm of soil depth. In the corn agroecosystem there is a higher content of sand in the soil, which increases as the profile deepens; while in cocoa cultivation this indicator is lower. According to the clay content, the situation is reversed; which highlights the influence of the type of crop on the deterioration of the physical properties of the soil, presenting very high differences due precisely to the disturbance caused in the soil of the corn area by excessive tillage, in relation to the soil of the area of cocoa where tillage is zero.

## Keywords:

Agroecosystems, Inceptisol, physical degradation, sand, silt, clay, real density.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es la base del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica a nivel mundial, constituye uno de los recursos naturales más importantes del planeta, donde se produce más del 90% de los alimentos de las personas, sin embargo, se encuentra en creciente presión por la intensificación y los usos continuados, que se realizan para satisfacer las demandas de una población en contante crecimiento, por tanto, resulta decisivo evitar o atenuar su degradación y sobreexplotación (FAO, 2015).

Las funciones del suelo se encuentran bajo constantes amenazas, debido a la erosión, la pérdida de carbono orgánico, el desequilibrio de nutrientes, la acidificación, la contaminación del suelo, el anegamiento, la compactación, el sellado del suelo, salinización y pérdida de la biodiversidad del suelo (FAO, 2016). El suelo es una parte importante de la biosfera, no solo para la producción de alimentos, sino también para mantener la calidad ambiental.

La degradación del suelo constituye un problema mundial; identificado como un proceso que reduce la capacidad actual y potencial del suelo para producir bienes y servicios (FAO, 2017).

La degradación física del suelo se produce por la pérdida de la materia orgánica. El impacto negativo en las propiedades físicas tiene consecuencias como: la pérdida de estructura, reducción de porosidad, incremento de la densidad aparente y formación de costras en algunos suelos (Muñoz-Iniestra et al., 2013).

El suelo es uno de los recursos esenciales para el desarrollo de la vida, porque se ha convertido en un elemento clave del ciclo natural de la materia y la energía. Cuando se habla de suelo agrícola, se deben cumplir ciertas condiciones de producción vegetal, es decir, "suelo fértil", definición que se centra en las condiciones físicas, químicas y biológicas y en los nutrientes que proporciona el suelo para el pleno desarrollo de las especies vegetales cultivadas; por tanto, es necesario realizar investigaciones para conocer el estado actual del manejo agrícola, orientado a proteger y mejorar este recurso natural no renovable (Brito et al., 2019).

Las consecuencias de la degradación del suelo se centran en la pérdida del nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio por infiltración o escorrentía, acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible; compactación del suelo que disminuye la porosidad, y ocasiona reducción del drenaje y pérdida de estabilidad, encostramiento superficial y aumento de la escorrentía, erosión selectiva (parcial, de las fracciones lábiles, como limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en caso extremo de la totalidad del suelo), así como, la liberación de sustancias nocivas que ocasionan contaminación (Suquilanda, 2008).

En Ecuador se busca de forma contante el incremento de la productividad de los cultivos, enfocado en la obtención

de mayores ganancias (Romero, 2017); aunque, en México, debido a una inadecuada gestión y empleo de tecnologías en áreas explotadas se ha producido una disminución de la productividad en los sistemas de producción (Zabala et al., 2011).

Según el MAG (2020) a nivel nacional los cultivos de mayor importancia son el maíz (*Zea mays* L.) que alcanza un 20,74% del área agrícola cosechada y el cacao (*Theobroma cacao* L.), con un 19,45%.

La investigación se realizó con el objetivo de determinar el impacto que ejercen los cultivos de maíz y cacao sobre las propiedades físicas de un Inceptisol en la granja Santa Inés, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización del estudio*

La presente investigación se realizó en la granja Santa Inés, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5 ½ de la Vía Machala-Pasaje. las siguientes coordenadas geográficas, Longitud: 79°54'05" W, Latitud: 03°17'16" S y se encuentra a una altitud de 5 msnm.

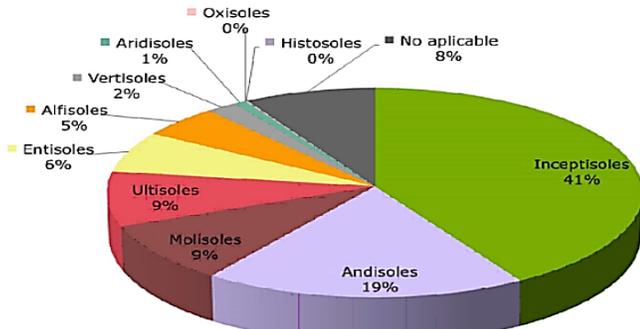
### *Área de muestreo*

Para el desarrollo del estudio se seleccionaron dos agroecosistemas, maíz y cacao. En cada uno se establecieron puntos permanentes de muestreo, donde se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-15, 15-30 y 30-45 cm, en tres minicalicatas realizadas en cada agroecosistema. Las determinaciones analíticas del contenido relativo de partículas de diferente tamaño en el suelo (arena con un tamaño de 0.05-2 mm), limo (con un tamaño de 0.002-0.05 mm) y arcilla (con un tamaño < 0.002 mm) y la densidad real se realizaron en el laboratorio de Tumbaco, perteneciente al Departamento de Agrocalidad del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

El área se caracteriza por presentar un suelo Inceptisol; que son suelos muy jóvenes, que han comenzado a mostrar el desarrollo de estratos, pero en evolución; por ello, muestra uno o más niveles de diagnóstico, la formación de estos niveles es rápida, con traslocación de material o meteorización extrema. En ciertas regiones, los Inceptisoles son los suelos con menor desarrollo del perfil, mientras que en otras zonas son suelos con horizontes de diagnóstico y no pueden cumplir los requisitos de otras secuencias de suelos (Ibáñez et al., 2011).

El orden Inceptisol representa el 41% de los suelos que se encuentran distribuidos por todo el Ecuador (Figura 1); generalmente son muy ricos en nutrientes, por ello, permiten el desarrollo de varios cultivos de ciclo largo y corto (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), 2015).

## ÓRDENES DE SUELOS DEL ECUADOR



FUENTE: Cartografía Temática Geopedológica escala 1:25000/SIGTIERRAS-IEE-CGSIN/2009 - 2015

Figura 1. Distribución de órdenes de suelo en Ecuador.

Fuente: MAGAP (2015)

Desde un punto de vista taxonómico, en las llanuras aluviales de la provincia de El Oro, predominan los suelos Inceptisoles de fuentes de sedimentos no consolidados, causados por la frecuente sedimentación de los ríos (Villaseñor et al., 2015).

### Procedimiento estadístico

Para determinar si existen o no diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción de maíz y cacao, en relación con los contenidos de arena, limo y arcilla, así como, la densidad real del suelo a tres profundidades en el perfil (0-15, 15-30 y 30-45 cm) se utilizó la prueba paramétrica t de Student para grupos independiente, previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos (verificado con el test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (realizó con el Test de Levene).

El procesamiento de datos se realizó con el software estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows con una confiabilidad en la estimación del 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de arena

El porcentaje de arena, en las tres profundidades de suelo estudiadas, presentó diferencias altamente significativas entre los dos agroecosistemas, incrementándose el valor a medida que se profundiza en el perfil, con valores superiores en el área bajo cultivo de maíz; y menores en el cultivo de cacao.

En la profundidad del suelo de 0-15 cm se evidencian diferencias altamente significativas entre los agroecosistemas maíz y cacao en relación con el porcentaje de arena, mostrándose valores de 34.67% en el cultivo de maíz, superiores a lo obtenido en el agroecosistema cacao (16.50%), al igual que, en las profundidades de 15-30 cm (51.33% en maíz y 19.50% en cacao) y 30-45 cm (60.00% en maíz y 14.50% en cacao), lo que, demuestra que el manejo continuado del suelo influye en el arrastre y lixiviación de las partículas de arcilla, las cuales por su dimensión son propensas a su pérdida en el suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de arena (%) de un Inceptisol a tres profundidades del perfil de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	34.67	51.33	60.00
Cacao	16.50	19.50	14.50
p-valor	0.001*	0.000*	0.000*

\*Indica diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p\text{-valor} \leq 0.05$ )

Independientemente del predominio de la fracción arena en los Inceptisoles, producto de la formación de estos suelos por depósitos aluviales, el hecho de que el porcentaje de arena en el suelo del agroecosistema de maíz presente una diferencia altamente significativa con respecto al suelo del agroecosistema de cacao se debe, en este caso, al exceso de labranza a que es sometido el suelo en maíz, cultivo de ciclo corto, lo cual, no sucede en el cultivo de cacao donde prácticamente la labranza es cero y los restos de ramas y hojas que se desprenden de forma natural o por las podas que se realizan, se depositan y descomponen en el suelo, mejorando la fertilidad del mismo.

Los resultados obtenidos coinciden con lo alcanzado por Barrezueta et al. (2018) en la provincia de El Oro, autores que reportan el predominio de las fracciones mineralógicas de arena en el suelo sobre las partículas de arcilla. Lozano et al. (2000) mencionan que los altos contenidos de las partículas de limo y arena en suelos, ocasionan una baja cohesión, lo que resulta en una alta separabilidad de los agregados.

En la Figura 2 se resume de forma gráfica el comportamiento del contenido de arena a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

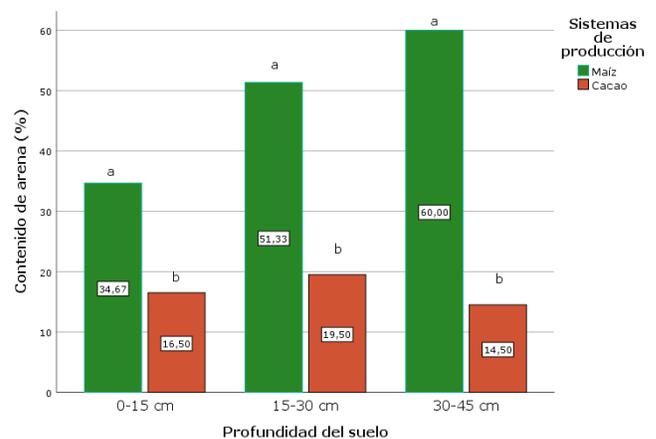


Figura 2. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en el contenido de arena (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm).

\*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p\text{-valor} \leq 0.05$ )

Antúnez et al. (2015) confirman que en suelos donde prevalecen las partículas de arena, se presentará una baja retención de humedad y permeabilidad excesiva, limitada cohesión y plasticidad, debido a la alta cantidad de macroporos que estas poseen, reduciéndose la facultad de retener el agua, así como, de insuficientes reservas de nutrientes presentándose esta situación en el cultivo de maíz (Brito et al., 2019), viéndose en la necesidad de mejorar la estructura de la capa superficial del suelo para evitar los problemas severos de pérdida de fertilidad.

### Contenido de limo

Los resultados del contenido de limo (%) en los cultivos de maíz y cacao para la profundidad de 0-15 cm se muestra un p-valor de 0,426 mayor a 0,05 indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los dos sistemas de producción, presentando para el cultivo de maíz un valor de 41,33% y en cacao de 37%. En la profundidad de 15-30 cm se encontró un p-valor de 0,083 mayor que 0,05 indicando que no se presenta diferencia estadística entre los dos agroecosistemas objeto de estudio en función al porcentaje de limo del suelo, presentando un valor de 38% en el cultivo de cacao y en maíz de 30,67%.

En la profundidad de suelo de 30-45 cm se obtuvo como resultado un p-valor de 0,063 mayor a 0,05 demostrando que no se presentan diferencias significativas entre los cultivos analizados en función al porcentaje de limo del suelo, sin embargo, se alcanzó un mayor porcentaje en el área de cacao con un valor de 40,50%, mientras en el suelo bajo cultivo de maíz, el contenido de limo es menor, presentando un porcentaje de 27,33% (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de limo de un Inceptisol a tres profundidades de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	41.33	30.67	27.33
Cacao	37.00	38.00	40.50
p-valor	0.426 NS	0.083 NS	0.063 NS

NS: indica que no se presentan diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05).

En la Figura 3 se resume de forma gráfica el comportamiento del contenido de limo a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

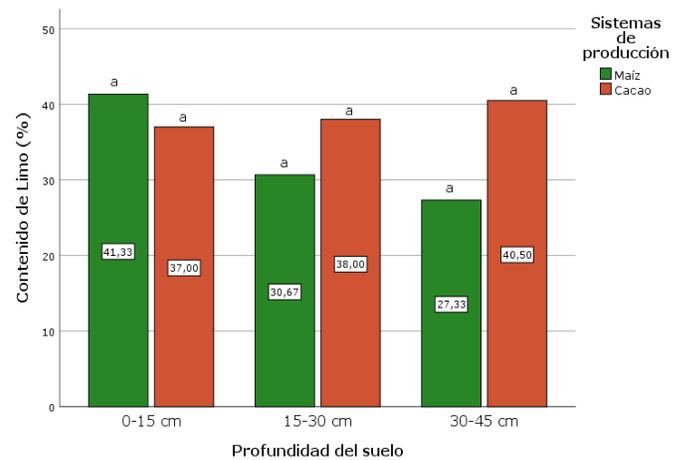


Figura 3. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en el contenido de limo (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm).

\*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes (p-valor≤0.05)

Barrezueta-Unda y Paz-González (2017) en una investigación realizada en el cultivo de cacao, en la provincia de El Oro reportaron un 34,02% limo en los primeros 30 cm del suelo e indicaron que es un porcentaje idóneo para la producción de cacao. Barrezueta-Unda et al., (2018) en su investigación realizada en los municipios de El Guabo, Machala, Santa Rosa y Pasaje, en la provincia de El Oro reportan un porcentaje de limo de 34,01%, esta cifra se aproxima a los resultados obtenidos en esta investigación.

### Contenido de arcilla

Los resultados del contenido de arcilla en los cultivos antes mencionados para la profundidad de 0-15 cm, mostró un p-valor de 0,009 menor a 0,05, presentando para el cultivo de cacao un porcentaje de 46,50 y en maíz 24,00% (Tabla 3).

En el cultivo de cacao, en la profundidad de suelo de 15-30 cm, se encontró un p-valor de 0,003 en el porcentaje de arcilla menor que 0,05, con un valor de 42,50%; mientras en el área de maíz fue 18,00%.

Las variaciones encontradas en el porcentaje de arcilla en la profundidad de suelo de 30-45 cm, tuvo un p-valor menor a 0,05, por lo que, se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos cultivos, alcanzando un porcentaje de 45% para cacao y en maíz un valor menor de 12,67%.

Tabla 3. Porcentaje de arcilla de un Inceptisol a tres profundidades de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	24.00	18.00	12.67
Cacao	46.50	42.50	45.00

p-valor	0.009*	0.003*	0.000*
---------	--------	--------	--------

\*Indica diferencias estadísticas altamente significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

En la figura 4 se resume de forma gráfica el comportamiento del contenido de arcilla a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

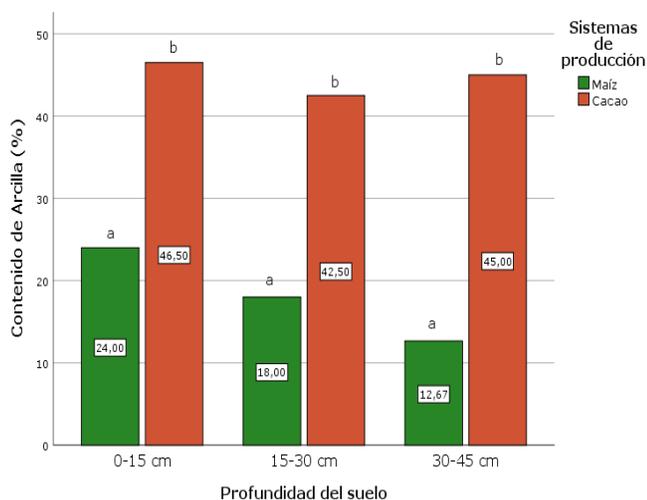


Figura 4. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en el contenido de arcilla (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm)

\*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05).

Ávila et al. (2016) expresan que las partículas de arcilla y la materia orgánica son propiedades que influyen en la estructura del suelo; además las arcillas integran un control permanente y en unión con la materia orgánica ejercen como material de enlace entre las partículas minerales en la formación de la estructura. Ante la presencia de altos porcentajes de arcilla en el suelo existirá una gran cantidad de materia orgánica ya que esta es absorbida por las partículas de arcilla, teniendo relación con los resultados alcanzados en el cultivo de cacao como se muestra más adelante.

Novillo et al. (2018) mencionan en su investigación realizada, en suelos bajo diferentes cultivos de ciclo largo, un incremento en el porcentaje de arcilla, lo que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación.

### Densidad real

Los resultados de la densidad real en el suelo de los cultivos antes mencionados para la profundidad de 0-15 cm, alcanzó un  $p$ -valor de 0,161 mayor a 0,05 indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los dos agroecosistemas, presentando para el cultivo de maíz un valor de 2,34 g/ml y en cacao de 2,20 g/ml

En la profundidad de suelo de 15-30 cm, se encontró un  $p$ -valor de 0,238 mayor que 0,05 indicando que no existen diferencias estadísticas entre los dos agroecosistemas

objeto de estudio en función a la densidad real, presentando un valor de 2,45 g/ml en el suelo de la plantación de maíz y en el cultivo de cacao un valor de 2,26 g/ml. En la profundidad de suelo de 30-45 cm se obtuvo como resultado un  $p$ -valor de 0,146 mayor a 0,05 demostrando que no se presentan diferencias significativas entre los sistemas de producción analizados en función de la densidad real, registrándose en el área dedicada al cultivo de maíz un valor de 2,45 g/ml y para el agroecosistema de cacao 2,29 g/ml (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad real de un Inceptisol a tres profundidades de suelo en los agroecosistemas maíz y cacao de la granja Santa Inés

Tipo de cultivo	Profundidad del suelo (cm)		
	0-15	15-30	30-45
Maíz	2.34	2.45	2.45
Cacao	2.20	2.26	2.29
p-valor (prueba t de Student para grupos independientes)	0.161 NS	0.238 NS	0.146 NS

NS: indica que no se presentan diferencias estadísticas significativas, para cada profundidad del perfil de suelo, entre los cultivos de maíz y cacao según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

En la Figura 5 se resume de forma gráfica el comportamiento de la densidad real a tres profundidades del perfil del suelo en los agroecosistemas de maíz y cacao.

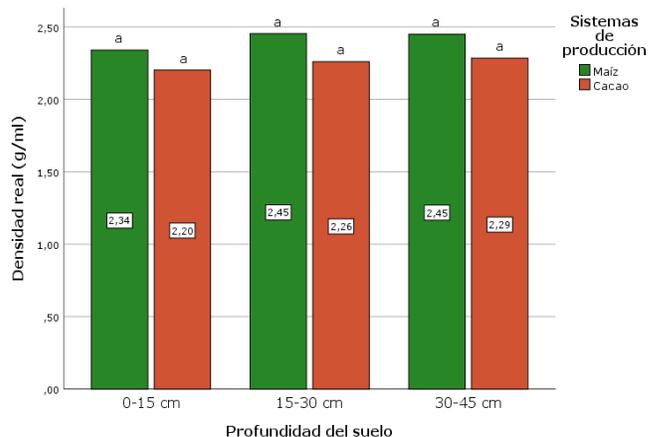


Figura 5. Impacto de los sistemas de producción (maíz y cacao) en la densidad real (%) a tres profundidades en el perfil del suelo (0-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm).

\*Letras diferentes, en cada profundidad del perfil de suelo, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba t de Student para grupos independientes ( $p$ -valor $\leq$ 0.05)

Ceballos & Enriquez (2014) mencionan que la densidad real es una propiedad difícil de alterar, y se encuentra vinculada con la fracción mineral de los suelos y del contenido de materia orgánica; en relación con ello, afirman que la densidad real presenta una variación entre 2,6 y 2,75 g/ml en todos los suelos agrícolas, sin embargo, si este indicador presenta niveles bajos a los anteriormente

descritos se debe a un porcentaje alto de materia orgánica en el suelo.

Según Muñoz-Iniestra et al. (2013) en un estudio realizado con el objetivo de conocer si se presenta o no relación entre el tipo de cobertura y la degradación del suelo; concluyeron que la degradación física de los suelos estudiados se encuentra correlacionada con la alteración de propiedades como: porosidad, densidad aparente y la estabilidad de los agregados.

## CONCLUSIONES

Se comprobó que el tipo de cultivo utilizado en el sistema de producción ejerce una marcada influencia en algunas propiedades físicas del suelo, como el porcentaje de arena, arcilla y densidad real.

De manera generalizada se puede afirmar que el manejo agrícola que se realiza en los dos sistemas de producción, maíz y cacao, genera importantes modificaciones en las propiedades físicas del suelo.

Los problemas manifiestos de degradación del suelo que se encontró en el agroecosistema de maíz, con relación al agroecosistema cacao, se asocia a la acción continuada de laboreo que se realiza al suelo, por ser el maíz un cultivo de ciclo corto de unos 120 días de duración.

El suelo del agroecosistema de maíz presenta un contenido mayor de arena, el cual se incrementa a medida que se profundiza en el perfil (34,67; 51,33; 60,00 %) en las tres profundidades estudiadas; mientras en el cultivo de cacao el porcentaje de arena en las tres profundidades estudiadas es de 16,50; 19,50 y 14,50%. Con respecto al contenido de arcilla la situación es inversa; lo que pone de manifiesto la influencia del tipo de cultivo en esta propiedad física del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez, B. A., Felmer, S., Vidal, M., Morales, R., Caz, E., & Fuentes, F. (2015). Propiedades Físico-Hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 2, 31–50. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7892/NR40309.pdf?sequence=7&isAllowed=y#:~:text=Entre%20las%20principales%20propiedades%20f%C3%ADsicas,penetraci%C3%B3n%20e%20%C3%ADndice%20de%20cono>
- Ávila, E. A., Darghan, A. E., & Leiva, F. R. (2016). Influencia de la mineralogía de arcillas, textura y contenido de carbono orgánico sobre el índice de friabilidad de suelos cultivados con caña de azúcar. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 19–31. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242016000200019&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242016000200019&script=sci_abstract&tlng=es)
- Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, E., & Barrera-León, J. (2018). Almacenamiento de carbono en varios suelos cultivados con cacao en la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 147–154. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/177/212>
- Barrezueta-Unda, S., & Paz-González, A. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5, 54–62. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/141/175>
- Brito, M. Y.; Carrera, L. C.; Santillán, L. M. (2019). Influencia de la Fertilización en la Calidad del Suelo de Cultivo de Maíz-Caso Loreto. *European Scientific Journal*. Vol.15, No.9. 51-61. Disponible en: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/11895>
- Carrillo, R. L. (2021). Influencia del tipo de cultivo en algunas propiedades físicas y químicas de un Inceptisol de la provincia de El Oro. (trabajo de titulación). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.ut-machala.edu.ec/handle/48000/16548>
- Ceballos, H., & Enriquez, S. (2014). Efecto de la acumulación de sedimentos sobre los suelos de la microcuenca La Hidráulica ubicados en el municipio de Sibundoy, departamento del Putumayo. In *Instituto Tecnológico del Putumayo*. Disponible en: [https://itp.edu.co/web2016/phocadownload/Investigacion/Semilleros/Conservemos\\_nuestros\\_suelos/EFFECTOS%20DE%20LA%20ACUMULACION%20DE%20SEDIMENTOS%20HIDRAULICA%20ING%20AMBIENTAL%20\(2014\).pdf](https://itp.edu.co/web2016/phocadownload/Investigacion/Semilleros/Conservemos_nuestros_suelos/EFFECTOS%20DE%20LA%20ACUMULACION%20DE%20SEDIMENTOS%20HIDRAULICA%20ING%20AMBIENTAL%20(2014).pdf)
- FAO (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS)*. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>
- FAO (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Tierra y Suelos. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>
- FAO (2017). Portal de Suelos de la FAO. Degradación del Suelo. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- Ibáñez, S., Gisbert, J. M., & Moreno, H. (2011). Inceptisoles. *Editorial Universidad Politécnica de Valencia*, 8. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/inceptisoles.pdf>
- Lozano, Z., Lobo, D., & Pla, I. (2000). Diagnóstico de limitaciones físicas en inceptisoles de los Llanos Occidentales Venezolanos. *Bioagro*, 12(1), 15–24. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85712103.pdf>

- MAGAP. (2015). *Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. <http://www.sigtierras.gob.ec/mapa-de-ordenes-de-suelos/>
- MAG (2020): Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería – Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito–Ecuador. Disponible en: [https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario\\_14-08-2020-1\\_compressed.pdf](https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf)
- Muñoz-Iniestra, D. J., Ferreira-Ramírez, M., Escalante-Arriaga, I. B., & López-García, J. (2013). Relationship between land cover and physical and biological degradation an alluvial soil in a semiarid region. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 201–210. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n3/2395-8030-tl-31-03-00201.pdf>
- Novillo, I., Carrillo, M., Cargua, J., Moreira, V., Albán, K., & Morales, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177–187. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1301>
- Romero, D. (2017). *Evaluación del estado actual de degradación del suelo en agroecosistemas de cacao y pasto en la Granja Santa Inés*. Universidad Técnica de Machala. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/1/DE00025\\_TRABAJO-DETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/1/DE00025_TRABAJO-DETITULACION.pdf)
- Suquilanda, M. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. *XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 29–31. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5121/1/ART%200080%20Caracterizaci%C3%B3n%20f%C3%ADsica%20y%20clasificaci%C3%B3n%20taxon%C3%B3mica%20de%20algunos%20suelos.pdf>
- Zabala, J.; Palma, D.; Fernández, C.; López, A.; Shirma, E. (2011). Degradación y Conservación de Suelos en la Cuenca del Río Grijalva, Tabasco. México. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/1/DE00025\\_TRABAJO-DETITULACION.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11705/1/DE00025_TRABAJO-DETITULACION.pdf)

## LOS RECURSOS HIDRÁULICOS EN LA PROVINCIA DE CIENFUEGOS, LOS MODELOS ESTADÍSTICO MATEMÁTICOS PARA SU APLICACIÓN

THE HYDRAULIC RESOURCES IN THE PROVINCE OF CIENFUEGOS, THE MATHEMATICAL STATISTICAL MODELS FOR ITS APPLICATION

Marianelis Manzano Cabrera<sup>1</sup>.

E-mail: [marianelis.m.c@gmail.com](mailto:marianelis.m.c@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6738-6233>

Manuel Cortés Iglesias<sup>2</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4517-9820>

Manuel E. Cortés Cortés<sup>2</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9903-3907>

<sup>1</sup>Podere Popular Provincial Cienfuegos, Cuba

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

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Manzano Cabrera, M., Cortés Iglesias, M., Manuel E. Cortés Cortés, M. E. (2022). Los Recursos Hidráulicos en la Provincia de Cienfuegos, los Modelos Estadístico Matemáticos para su Aplicación. Ecuador. Revista Científica Agroecosistemas, 10(2), 58-64. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

El agua, elemento necesario para la vida en nuestro planeta disminuye cada día debido a múltiples factores, entre ellos, el cambio climático, el consumo excesivo y su uso indiscriminado en la producción de bienes, la generación de energía y el riego. Esto profundiza la situación de 700 millones de personas que sufren la escasez de agua. La continuidad este recurso es la base de muchos temas de gran importancia como la seguridad alimentaria, energética, el crecimiento económico, la lucha contra el cambio climático y la prevención de la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, la existencia de agua suficiente y de calidad enfrenta muchas amenazas asociadas con los distintos usos. En Cuba los servicios de acueductos son conocidos como un servicio público, surgen dentro y para un área de la realidad social y en un sector de la actividad del Estado, que influye y determina el bienestar y condiciones de vida de la población, de ahí que sea deber del Estado asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos a todos sus habitantes. El objetivo del presente artículo es analizar la gestión de los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos y los posibles modelos estadístico matemáticos para su aplicación.

### PALABRAS CLAVES

Agua, recursos hídricos, seguridad alimentaria, aplicaciones estadísticas, modelización matemática.

### ABSTRACT

Water, a necessary element for life on our planet, decreases every day due to multiple factors, including climate change, excessive consumption and its indiscriminate use in the production of goods, power generation and irrigation. This deepens the situation of 700 million people who suffer from water scarcity. The continuity of this resource is the basis for many issues of great importance such as food and energy security, economic growth, the fight against climate change and the prevention of biodiversity loss. However, the existence of sufficient and quality water faces many threats associated with the different uses. In Cuba, aqueduct services are known as a public service. It arises within and for an area of social reality and in a sector of State activity, which influences and determines the well-being and living conditions of the population. Hence, it is the duty of the State to ensure the efficient provision of public services to all its inhabitants. The objective of this research was to analyze the management of hydraulic resources in the province of Cienfuegos and the possible mathematical statistical models for its application.

### KEYWORDS

water, water resources, statistical applications, mathematical models.

## INTRODUCCIÓN

Las fuentes de agua, elemento indispensable para el ciclo de la vida en la Tierra, disminuyen día a día debido al cambio climático, el consumo excesivo y su uso en el riego y producción de energía. Esto profundiza la difícil situación de 700 millones de personas que sufren escasez de agua en todo el mundo. Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), solamente cerca del 2,5% de los recursos hídricos del mundo son de agua dulce, a pesar de que casi todo el planeta está cubierto de agua, el 70% de esta agua está oculta en el hielo y la nieve.

La continuidad de los recursos hídricos es la base de muchos temas de gran importancia como la seguridad alimentaria y energética, el crecimiento económico, la lucha contra el cambio climático y la prevención de la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, la existencia de agua suficiente y de buena calidad enfrenta muchas amenazas asociadas con el uso urbano, el riego, la energía y las actividades de producción.

El agua es esencial para la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Es el elemento vital de los ecosistemas –incluidos los bosques, lagos y humedales–, de los que depende nuestra seguridad alimentaria y nutricional presente y futura. Sin embargo, nuestros recursos de agua dulce están disminuyendo a un ritmo alarmante. La creciente escasez de agua es ahora uno de los principales retos para el desarrollo sostenible. Este desafío se hará más apremiante a medida que la población mundial siga creciendo, su nivel de vida aumente, las dietas cambien y los efectos del cambio climático se intensifiquen. La agricultura representa hasta el 95% del consumo de agua en algunos países en desarrollo. Tendremos que usar nuestros recursos naturales de forma más eficiente a medida que pase el tiempo, y cuando se trata del agua no hay excepción. Por ejemplo, la elección del cultivo tiene un gran impacto en la cantidad de agua que se necesita (FAO, 2019).

La construcción de presas y el tratamiento de aguas residuales son algunas de las estrategias que se llevan a cabo para obtener recursos hídricos que puedan aprovecharse. Es una forma de recolectar agua durante la temporada de lluvias, almacenándola para los meses en los que dichas lluvias no sean tan constantes. Además, en el caso de las presas, las mismas pueden servir como fuentes de energía como la eléctrica e incluso evitar inundaciones. El desafío es que todo aquello que se realiza para conservar el agua dulce resulte suficiente para contrarrestar el abuso y la eliminación de ésta.

Los diversos intereses relacionados con el uso del agua plantean retos importantes y muy variados que inciden en la toma de decisiones relativas al manejo de los recursos hídricos, particularmente cuando se pretende satisfacer aplicando principios de equidad y de conservación del recurso las necesidades y deseos de los diferentes usuarios y de las partes interesadas.

Reconocer formalmente un derecho humano al agua y expresar la voluntad de dar contenido y hacer efectivo

dicho derecho, puede ser una manera de estimular a la comunidad internacional y a los gobiernos para que redoblen sus esfuerzos para satisfacer las necesidades humanas básicas y para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. (Scandon, 2004).

El abastecimiento de agua a la población en cantidad y calidad suficientes es de vital importancia para la salud pública, la pérdida de las características naturales de ésta puede contribuir en gran medida a la propagación de enfermedades. Actualmente, es necesario garantizar un suministro constante de agua salubre y limpia en cada una de las fases del sistema de abasto, desde su almacenamiento hasta el punto final de consumo. Este hecho destaca la gran trascendencia y responsabilidad de las actuaciones llevadas a cabo por las empresas gestoras del agua y su determinante incidencia en la salud pública, ya que su continua degradación puede llevarnos no sólo a un grave deterioro ambiental sino también a un serio problema de salud.

El objetivo del presente artículo es el de describir la gestión de los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos y los posibles modelos estadísticos matemáticos para su aplicación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los recursos hídricos en Cuba se estiman en 38.1 km<sup>3</sup> de aguas anuales; 83 % de ellos escurren por sistemas de drenaje superficial y el 17 % se encuentran en las unidades hidrogeológicas existentes. Todos los embalses se han construido con el objetivo de poder utilizar el agua acumulada en diferentes usos (CAP, 2004).

La información estadística que se genera en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Cienfuegos es tomada diariamente y no existen software ni métodos estadísticos que los controlen en forma automática.

Un análisis del problema presentado nos lleva a la necesidad de la utilización de diferentes métodos y modelos de la estadística y la modelación matemática que apoyen la toma de decisiones. Entre los métodos estadísticos más importantes se encuentra el análisis de pronósticos, uno con el tiempo como variable principal y otro cuando se trabaja con la dependencia de dos o más variables. En el primer caso se utiliza el análisis de series cronológicas y en el segundo el método de los mínimos cuadrados para obtener los coeficientes de la ecuación (Molina, 2020) (Institute & The Open Group, 2020) (López, 2019) (Leocadio, 2015) (Zarza, 2022).

En el caso de la Modelación matemática se aplican los métodos de Programación Lineal para la optimización de una función objetivo, sujeta a un sistema de restricciones. En el caso de la distribución del agua a comunidades se aplican los métodos de programación lineal del transporte (Cortés et al., 2016).

## DESARROLLO

El mundo está lleno de tensiones provocadas por la escasez de recursos naturales: oro, diamantes y petróleo.

Sin embargo, el agua, que hasta ahora no había sido considerada un factor de conflicto, con el cambio climático se convierte en “el oro azul” de este siglo. (Solanes & González-Villarreal, 1998).

Actualmente, los embalses representan un recurso muy importante en diversos lugares del mundo. No hay región que no cuente con al menos con una gran acumulación de agua destinada al abastecimiento de sus habitantes y al riego de sus campos. Sin embargo, difieren enormemente unos de otros, algunos hasta llegar al extremo de aparecer en los mapas como lagos en medio de la nada.

Actualmente en los ríos del mundo existen más de 45.000 grandes presas. La finalidad de su construcción es generar electricidad, proporcionar agua para el consumo humano y para la agricultura, controlar las inundaciones y las riadas. Una parte importante de los esfuerzos debe centrarse en su conservación y reparación, manteniéndolas en unas condiciones óptimas de explotación y seguridad acorde con las exigencias del siglo XXI lo que genera grandes costos. (Mates, 2007)

América Latina es uno de los territorios más biodiversos y con más recursos naturales del mundo, y el terreno del agua no es excepción: alrededor de un tercio de los recursos hídricos del planeta se encuentran en la región. Teniendo en cuenta que en los próximos años la escasez de agua será cada vez más marcada y que el aumento de la población incrementará la demanda, la región se encuentra en una posición envidiable para convertirse en un actor relevante en la gestión sostenible de este bien tan preciado.

Pero para desarrollar todo el potencial y convertirlo en una ventaja competitiva, primero se deberá gestionar el agua de una forma integral y eficiente. Y para lograrlo, los países latinoamericanos deberán superar una serie de retos, entre los que destacan, por su urgencia, los siguientes: por un lado, en líneas generales la región necesita mejorar las capacidades de los estados en cuanto a la gobernanza, la gestión eficiente de sus recursos hídricos y el costo del agua (Figura 1). Esto se refleja en la baja calidad en la planificación, que afecta de forma general a la región y pone en riesgo a los sistemas de abastecimiento de las ciudades, así como en la necesidad de crear herramientas de selección y preparación de más y mejores proyectos que faciliten que la inversión pueda fluir con facilidad. (Arroyo, 2019).

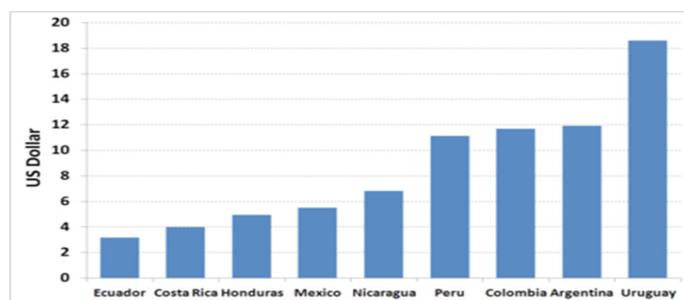


Figura 1: El costo del agua en América Latina

América Latina cuenta con cinco de los ríos más importantes del mundo (el Amazonas, Orinoco, Río Negro, Paraná y Río Madera); tres de los lagos más grandes a nivel mundial; y Brasil tiene un quinto de los recursos hídricos del planeta y es el segundo mayor productor hidroeléctrico del mundo, por detrás de China. (Roca & Roca, 2018).

Con el avance del cambio climático América Latina se ve afectada cada vez más por fenómenos meteorológicos extremos: en algunas regiones, las sequías afectan la agricultura, en otras, las lluvias causan inundaciones. Mientras que las sequías azotan una parte de Sudamérica, la otra se ve enfrentada a lluvias extremas. Bolivia y Brasil son dos países fuertemente afectados por inundaciones repentinas. (Campos, 2014)

El agua es fundamental para la seguridad alimentaria. Los cultivos necesitan agua para crecer, la agricultura requiere grandes cantidades de agua para el riego, además de agua de calidad para los distintos procesos productivos. El sector agrícola se posiciona como el mayor consumidor de agua del planeta dada su función productiva, no solo de alimentos, sino también de otros cultivos no comestibles como el algodón, el caucho o los aceites industriales cuya producción no deja de crecer. El riego demanda hoy en día cerca del 70% del agua dulce extraída para uso humano (ONU-DAES, 2014)

Muchos países de América Latina y el Caribe se encuentran en proceso de elaboración de nuevas leyes o modificación de las existentes. Uno de los debates es el diseño institucional del sistema administrativo de los recursos hídricos ya que falta objetividad e imparcialidad en cuanto a su distribución.

Los embalses en Cuba se han construido aprovechando el cauce natural de la corriente superficial que será regulada, por lo que el área inundada, la altura de la presa y la longitud de la cortina, dependen de la topografía del lugar de la obra. La mayor parte de las presas construidas en Cuba se han construido para el control de avenidas, las que, a su vez, actúan como recarga de las cuencas subterráneas vinculadas.

Todos los embalses construidos poseen obra de toma, con el objetivo de poder utilizar el agua acumulada en diferentes usos, desde el vaso de la presa hacia estaciones de bombeo, que la impulsan hacia los diferentes destinos. En Cuba, el 95.5 % de la población tiene acceso a los servicios de agua potable (98.9 % en el sector urbano y 85.2 % en el rural). El índice promedio de cloración del agua es de 95.7 %. (CAP, 2004)

La lluvia es la única fuente de agua que existe en Cuba y su magnitud es relativamente baja, siendo la lámina media anual de 1 335 mm, siendo la causa para que los Recursos Hídricos Potenciales y Aprovechables sean limitados, sin embargo, los recursos hidráulicos disponibles son favorables a partir de la infraestructura edificada (CAP, 2004). Un problema crítico para el escurrimiento de las precipitaciones está en los sistemas de drenajes, esencialmente los urbanos y otras zonas críticas, proclives a inundaciones.

La calidad de las fuentes de aguas se ve afectada por la permanencia de más de 2100 focos contaminantes y otras causas subjetivas; su disponibilidad y aprovechamiento es también insuficiente por el estado técnico e inadecuada operación de la infraestructura para el aprovechamiento hidráulico. Esto ocasiona la pérdida de más de 1500 millones de metros cúbicos de agua que pueden recuperarse cada año, siendo la actividad agrícola con el 60% del consumo nacional la que más incide estando en esta las mayores reservas de ahorro del recurso, al igual que un mayor aprovechamiento de 69 embalses que están subutilizados, incluido el riego de la actividad cañera. (Anón, 2016).

El ahorro y uso racional del agua es una necesidad compartida por todos los que habitamos este planeta. En tiempos de prolongadas sequías, a causa del cambio climático y ante una demanda que crece al ritmo de este siglo, nuestro país desarrolla alternativas y modifica su estructura legislativa para combatir el despilfarro del preciado líquido.

Ese es el sentido de la implementación de la Resolución 84 de 2020, aprobada el 19 de febrero del año en curso por Meisi Bolaños Weiss, titular del Ministerio de Finanzas y Precios, la cual dispone, entre otros asuntos: (Reyes, 2020)

«...la propuesta de una nueva estructura tarifaria para el cobro de los servicios de abasto de agua y saneamientos, tanto del sector doméstico como para el sector presupuestado y productivo, que incluye a las nuevas formas de gestión no estatal y otras modalidades de abasto y nuevos servicios, que prestan las entidades del Sistema Empresarial atendido y patrocinado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos». p.65

Como regula la Resolución 84 de 2020 del Ministerio de Finanzas y Precios, todos los usuarios medrados, a los cuales se les brinda el servicio en moneda nacional, contarán con nuevas tarifas por el consumo de agua, las cuales se establecerán paulatinamente y por sectores durante el transcurso del año.

Según la directora general del encargo estatal de Organización Superior de Dirección Empresarial (OSDE), la cobertura hidrométrica a personas jurídicas refirió que aquellos usuarios que todavía no cuentan con metrocontadores, se les mantendrá el mismo costo de 40 centavos por metro cúbico (m3). En el sector domiciliario se decidió modificar los pagos, a partir del consumo de 4,5 m3 de agua por habitante al mes. En comparación con la tarifa actual, los precios por cada m3 se duplicarán, triplicarán y cuadruplicarán su valor en la medida en que se consume más agua que la establecida por la norma, –en este caso tres m3 por habitante al mes–. (Reyes, 2020)

En el 6to. Congreso del Partido Comunista de Cuba se aprobaron los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, en los que se incluyen los referidos a los Recursos Hidráulicos del país (Nos. del

300 al 303), cuya implementación jurídica constituye un aspecto esencial para la materialización de la VISIÓN: “En Cuba se gestiona el agua de forma eficiente y sostenible conservando el medio ambiente” como un instrumento fundamental de la actualización del modelo económico cubano en el ámbito hidráulico. (Anón, 2017).

Los servicios de acueductos son conocidos como un servicio público, surge dentro y para un área de la realidad social y en un sector de la actividad del Estado, que influye y determina el bienestar y las condiciones de vida de la población. De ahí a que se reconozca como deber de cada Estado asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos a todos los habitantes del territorio nacional. (Anón, 2019).

Para ello administra una infraestructura que da seguimiento a la calidad del agua tomada en las fuentes y que se distribuye en el sistema de conductoras principales y redes de distribución garantizando el abasto del preciado líquido.

El abastecimiento de agua potable incluye los servicios de:

- Aducción: captación y alumbramiento, embalse, conducciones primarias, tratamiento y depósito.
- Distribución general: grupos de presión, distribución por tuberías, válvulas y aparatos hasta la acometida de los usuarios.
- Distribución domiciliaria: comprende la distribución interna de los edificios, es decir desde la acometida a los usuarios hasta la salida en grifo. (Mastrapa, 2014).

Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos

Creada desde el 2001, la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Cienfuegos desarrolla procedimientos que aseguren la eficacia de su gestión. La sostenibilidad del perfeccionamiento empresarial ha sido vital para cumplir con su objeto social. La planificación, monitoreo, provisión y el control de las aguas terrestres de sus principales usuarios como Acueducto, Agricultura y la Empresa azucarera constituye la función de esta entidad hidráulica, con la certificación de los diferentes sistemas de gestión de calidad. (Hernández, 2020)

Administra una infraestructura hidráulica en dos unidades empresariales de Base ubicadas en los municipios de Abreus y Cumanayagua, para la operación de seis presas y una red de pozos que disponen de un potencial de 727,7 millones de metros cúbicos de agua anuales, correspondiendo el 42% a aguas subterráneas y el 58% a aguas superficiales y las redes de monitoreo. Dentro de su objeto social se encuentra el Servicio de Provisión Mayorista de Agua Superficial y Subterránea, el Monitoreo de las Redes Hidrogeológica, Hidrológica y de la Calidad del agua (Red CAL) y el Control de los Focos Contaminantes en la provincia de Cienfuegos.

La EAHC cuenta con un grupo de obras hidráulicas para su explotación y mantenimiento. Los volúmenes de escurrimiento son regulados, fundamentalmente, por 6 embalses, dos de regulación hiperanual, 3 anuales y un regulador diario (P. Bonito) que, además, maneja los volúmenes de la generación de Hanabanilla.

- 6 presas.

Tabla 1. Embalses en la Provincia

Embalses	Capacidad (Hm3)	Entrega garantizada (Hm3)	Volumen Prevención Hid. (Hm3)
Avilés	190.00	161	
Paso Bonito	8.0	66.7	
Abreus	50.0	70.0	42.0 – 48.0
Voladora	40.9	32.0	
Galindo	28.4	18.5	
El salto	9.5	13.1	
Total	326.8	361.9	

1 estación de bombeo.

- 2 embalses reguladores.
- 2 conductoras con 20,7 km de longitud.
- 1 canal magistral con 35,0 km de longitud.
- 1 canal trasvase 3,1 km de longitud.

Tabla 2. Canales en Cienfuegos

Canal	Longitud KM
P. Bonito- Cruces	35.7
Trasvase P. Bonito- Avilés	3.1
Total	38.8

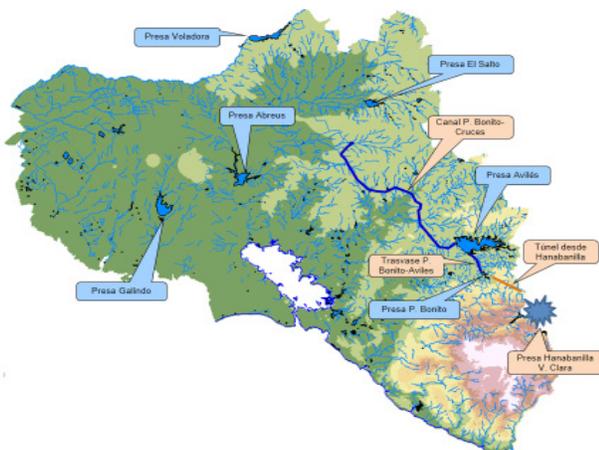


Figura 2: Presas, canal y trasvases en Cienfuegos

En 2014 se culminó el proceso inversionista emprendido desde el 2011 en la presa cumamayagüense Avilés, la mayor de la provincia con una capacidad de almacenamiento de 190 millones de metros cúbicos de agua.

El objetivo de la inversión, a un costo de ejecución de 2,5 millones de pesos, radicó en que este embalse (pilar del Complejo Hidráulico Hanabanilla- Paso Bonito, Canal Trasvase Presa Avilés, Canal Magistral Regulador Anaya alcanzara de nuevo su nivel máximo de recepción, saliera del estado de prevención hidrológica, cesara su subutilización y sus aguas estuviesen prestas a ser empleadas en el desarrollo económico del territorio. Las obras constructivas corrieron a cargo de fuerzas de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico y la Brigada de Mantenimiento del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y demandaron el empleo de varias retroexcavadoras, un grupo de camiones Volvo y cargadores frontales, entre otros equipos lo cual evidencia el impacto económico para la provincia. (Martínez, 2014)

La EAHC además de abastecer de servicios a la población de acueducto y alcantarillado, brinda servicios múltiples a estas empresas:

- AZCUBA (Industria Azucarera)
- MINAG (Arroz, Cítricos y Frutales, Viandas y Hortalizas, Empresa Avícola, Pecuaria, Porcina)
- MINCIN (Comercio Interior)
- MINAL (Lácteo, Cervecerías, Pesca)

Estas empresas son imprescindibles para el abastecimiento y alimentación segura de la población cienfueguera. Los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos demanda de una gestión que posibilite la permanente existencia del abastecimiento del agua por parte de la EAHC para mantener la estabilidad de los cultivos, sembrados, regadíos, ganadería, etc., en función de la demanda que requiera la población.

Existen 7 cuencas subterráneas (Figura 3), distribuidas de acuerdo a sus condiciones hidrogeológicas, relacionadas con la hidrografía, el clima y la geología, estas se encuentran distribuidas en diferentes horizontes acuíferos (Tabla 3).

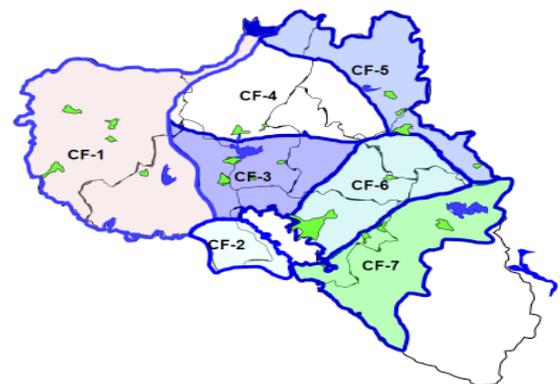


Figura 3: Cuencas subterráneas

Tabla 3. Cuencas subterráneas

Cuenca Subterráneas.	Área KM <sup>2</sup>	Reservas dinámicas	Hm3/Km <sup>2</sup>
Hanábana (CF-1)	980.8	130.28	0.133
Juraguá (CF-2)	142.0	15.49	0.109
Abreus (CF-3)	432.6	16.23	0.037
Cartagena (CF-4)	565.2	9.0	0.016
Lajas (CF-5)	435.2	2.3	0.005
Cienfuegos (CF-6)	425.7	10.5	0.025
Cumanayagua (CF-7)	531.9	6.4	0.012
Provincia	3513.4	190.2	0.054

Por tanto, es necesario que el agua suministrada a la población deberá obtenerse del origen más adecuado posible, considerando tanto la cantidad como la calidad, y se evitará que pueda ser causa o vehículo de enfermedades debido a los diferentes procesos naturales o de origen humano.

Entre los principales modelos estadístico matemático para su aplicación se tienen:

#### Métodos estadísticos

Métodos de la estadística descriptiva: media, moda, desviación estándar, intervalos de confianza para los parámetros fundamentales sobre el acopio de agua.

- Análisis de series cronológicas. Cuando para una variable hacemos las mediciones en diferentes momentos de tiempo, tenemos una "serie temporal". La importancia de las series temporales de tiempo o cronológicas es enorme. En lo que se refiere a variables económicas es muy frecuente el trabajar con "números índice". Cálculo de la tendencia: La tendencia es un movimiento de larga duración que muestra la evolución general de la serie en el tiempo. (Valencia, 2017)
- Análisis de pronósticos, ecuaciones de ajustes: Los modelos de regresión lineal de dos variables permiten modelar matemáticamente la relación entre dos variables X y Y y que suponemos que estas se asocian de acuerdo a un modelo. Ejemplo regresión Lineal múltiple para encontrar el valor del agua en el embalse cuando se tienen datos de las precipitaciones, los embalses, la época del año, etc. Se obtienen medidas cuantitativas de la relación mutua (correlación) y establecer una relación funcional, si existe, que permita caracterizar el lugar geométrico que mejor se ajusta a los datos.
- Hay diversos modelos que son usados para estudiar determinados tipos de relación, Los más populares son los polinómicos, los lineales, los no lineales y en el caso de variables discretas otros asociados a modelos como el logístico y el Poisson,

#### Modelos matemáticos

- Modelación matemática: La técnica más importante de Investigación de Operaciones es la Programación

Lineal (PL). Se diseña para modelos con funciones objetivo y restricciones estrictamente lineales. Hay otras técnicas, como la programación entera, en la que las variables toman valores enteros; la programación dinámica, en la que el modelo original se puede descomponer en subproblemas más pequeños; la programación de red, en la que el problema se puede modelar como una red, y la programación no lineal, en la que las funciones del modelo son no lineales. Las técnicas mencionadas no son más que una lista parcial de la gran cantidad de herramientas disponibles en la investigación de Operaciones. (Eppen, 2000).

- La Programación del Transporte es una técnica muy difundida en nuestros días, en ella se logra hacer distribuciones o entregas óptimas desde empresas productivas hasta empresas de comercialización. El problema se plantea aquí como un caso particular de la Programación Lineal, de forma que se satisfagan las demandas, se cumplan los planes de entrega de las ofertas y se minimicen los costos de la transportación. Los modelos de programación lineal para calcular la transportación óptima del agua desde los embalses hasta los puntos de acopio.
- Modelos de diseños de rutas para distribuir el agua de los embalses a sus almacenes, ejemplo de modelos de rutas: TSP (Traveling Salesman Problem) enunciado por Flood en 1956 (Altinel & Óncan, 2005).

#### CONCLUSIONES

En Cuba se gestiona el agua de forma eficiente y sostenible conservando el medio ambiente como un instrumento fundamental de la actualización del modelo económico cubano en el ámbito hidráulico.

Los recursos hidráulicos en Cienfuegos demanda de una gestión que posibilite la permanente existencia del abastecimiento del agua por parte de la EAHC para mantener la estabilidad en la producción de alimentos para la población.

Existen múltiples modelos estadístico - matemáticos que permiten analizar el comportamiento de las presas, los embalses, el nivel de acumulados de las lluvias y la distribución del agua.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altinel, K and Óncan, T. A (2005). enhancement of Clark and Wright saving heuristic for the capacitated vehicle routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, 56, 954-961.
- Anón. (2016). «Observatorio Parlamentario». Futuro del agua en el Asia: Mejor infraestructura y productividad eficiente. (<https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/futuro-agua-asia-pacifico-gestion>).
- Anón. (2017). «Vektra® Alerta». (<https://www.telegrafia.eu/es/productos/software-para-centros-de-despacho/vektra-alerta/>).

- Anón. (2019). «¿Retrocede la privaCAP. (2004). Soluciones aplicadas para almacenamiento de agua. CAP.
- Cortés Cortés, M., Maridueña Arroyave, M., & Martínez García, W. (2016). La programación Lineal y el Transporte: Vol. I (Primera Edición). Universidad de Guayaquil.
- FAO. (2019). Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo. <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1185408/>
- Institute, B. S. G. & The Open Group. (2020). Importancia de la Estadística en Administración. BSG Institute. <http://bsginstitute.com/bs-campus/blog/importancia-de-la-Estadistica-en-Administracion-1132>
- Leocadio, P. (2015, mayo 25). Estadística Básica para Educadores Físicos: Estadística. Estadística Básica para Educadores Físicos. <https://estadisticaedufisica.blogspot.com/2015/05/estadistica.html>
- López, J. F. (2019, noviembre 15). Estadística descriptiva. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/estadistica-descriptiva.html>
- Molina, M. (2020, junio 17). La distancia más corta. El método de los mínimos cuadrados. AnestesiaR. <https://anestesiario.org/2020/la-distancia-mas-corta-el-metodo-de-los-minimos-cuadrados/>
- ONU-DAES. (2014). Enfoque regional: Asia y el Pacífico | Decenio Internacional para la Acción «El Agua, fuente de vida» 2005-2015. <https://www.un.org/spanish/water-forlifedecade/asia.shtml>
- Zarza, L. (2022, junio 5). Modelos matemáticos aplicados al agua, la fórmula perfecta para comprometerse con el medioambiente [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/noticias/canal-isabel-ii/modelos-matematicos-aplicados-al-agua-formula-perfecta-comprometerse>
- tización del agua en América Latina?» www.telesurtv.net. <https://www.telesurtv.net/news/dia-mundial-agua-privatizacion-america-latina-20190322-0028.html>
- Arroyo, Victor. (2019). «América Latina: hacia una gestión eficiente del agua». www.iagua.es. <https://www.iagua.es/blogs/victor-arroyo/america-latina-gestion-eficiente-agua>
- Campos, Violeta. (2014). «América Latina, entre sequías e inundaciones.» <https://www.dw.com/es/am%C3%A9rica-latina-entre-sequ%C3%ADas-e-inundaciones/a-17444245>
- CAP La Habana. (2004). “Soluciones aplicadas para almacenamiento de agua”
- Eppen, G. D. (2000). Investigación de Operaciones en las Ciencias Administrativas. Prentice Hall.
- Hernández Blanc, N. (2020). «Opta por el Premio Provincial de Calidad Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Cienfuegos». octubre 3.
- Martínez Molina, J. (2014). «Una contribución al desarrollo de Cienfuegos».
- Mastrapa López, I. (2014). Diseño del servicio de instalación y mantenimiento en la Empresa de acueducto y alcantarillado de Las Tunas. (Tesis en opción al Título Académico de Máster en administración de negocios), Universidad de las tunas, Facultad de Ciencias Económicas.
- Mates Pajares, Enrique. (2007). El uso y la tecnología de los recursos hídricos.» Universidad politécnica de Catalunya, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad.
- Reyes Montero, A. (2020). Nuevas tarifas del agua: premiar el ahorro y penalizar el derroche. www.granma.cu. <http://www.granma.cu/cuestion-de-leyes/2020-03-05/premiar-el-ahorro-y-penalizar-el-derroche-05-03-2020-00-03-21>
- Roca Suárez-Inclán, J. A., y Roca Salamero, R. (2018). Las 10 mayores centrales hidroeléctricas de Latinoamérica». El periódico de la energía. <https://elperiodicode-laenergia.com/las-10-mayores-centrales-hidroelectricas-de-latinoamerica/>
- Scandon, J. (2004) Water as a Human Right? IUCN. Pp. Gland, Switzerland and Cambrid, UK. ix+ 53, 2-8317-0785-4.
- Solanes, Gonzalez-Villarreal. 2002. Los Principios de Dublin Reflejados en una Evaluación Comparativa de Ordenamientos Institucionales y Legales para una Gestión Integrada del Agua. Global Water Partnership SE-105-25 Estocolmo, Suecia.
- Valencia Delfa, Jorge L., (2017). Estudio Estadístico de la calidad de las aguas en la cuenca Hidrográfica del río Ebro, (Tesis Doctoral), Madrid.

**FCALIDAD FÍSICA DE CUATRO VARIETADES DE *Zea mays* L. EN LABORATORIO PROVINCIAL DE SEMILLAS CIENFUEGOS****PHYSICAL QUALITY OF FOUR VARIETIES OF *Zea mays* L. IN THE PROVINCIAL LABORATORY OF SEEDS CIENFUEGOS**

Erislandy José Becerra Fonseca<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4611-9635>

Claudia María Pérez Reyes<sup>2</sup>

E-mail: [claudia.maria@upr.edu.cu](mailto:claudia.maria@upr.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3690-3119>

Darietza Valdivieso Hernández<sup>3</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8824-9593>

Anaisa López Melian<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2678-247X>

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

<sup>2</sup> Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca” Cuba.

<sup>3</sup> Laboratorio Provincial de Semillas Cienfuegos. Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Becerra Fonseca, E. J., Pérez Reyes, C. M., Valdivieso Hernández, D. (2022). Calidad Física de Cuatro Variedades de *zea mays* L. en Laboratorio Provincial de Semillas Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 65-69. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

Con el propósito de determinar la calidad en semillas beneficiadas de *Zea mays*, se evaluó el comportamiento de los indicadores de calidad de cuatro variedades recibidas del Laboratorio Provincial de Semillas de Cienfuegos, correspondientes al primer semestre de 2021. Para determinar la calidad física de las mismas y el diagnóstico fitosanitario se estimaron las variables cantidad de semillas puras, materia inerte, porcentaje de germinación, plántulas normales y anormales, cantidad de semillas frescas, puras y muertas según la Norma Cubana NC: 70:01, perteneciente a los estándares ISTA. La germinación mostró diferencias significativas entre las variedades evaluadas. Las muestras de semillas híbridas exhibieron porcentajes de germinación inferiores al resto. La cantidad de materia inerte en el diagnóstico fitosanitario fue mayor para MAIG-5461 seguido del híbrido AME-15. Sin embargo, el porcentaje de semillas puras fue superior al 98% en todas las variedades, lo que indica que las muestras están libres de cualquier mezcla de otras semillas y en menor cantidad de materia inerte.

#### Palabras clave:

Calidad física, germinación, materia inerte, *Zea mays*.

#### ABSTRACT

With the purpose of determining the quality in seeds benefited from *Zea mays*, the behavior of the quality indicators of four varieties received from the Provincial Laboratory of Seeds Cienfuegos, corresponding to the first semester of 2021 was evaluated. To determine the physical quality of the same and the phytosanitary diagnosis, the variables quantity of pure seeds, inert matter, percentage of germination, normal and abnormal seedlings, quantity of fresh, pure and dead seeds were estimated according to the Cuban Standard NC: 70:01, belonging to the ISTA standards. Germination showed significant differences between the evaluated varieties. Hybrid seeds samples exhibited germination percentages lower than the rest. The amount of inert matter in the phytosanitary diagnosis was higher for MAIG-5461 followed by the hybrid AME-15. However, the percentage of pure seeds was higher than 98% in all varieties, which indicates that the samples are free of any mixture of other seeds and in less quantity of inert matter.

#### Keywords:

Physical quality, germination, inert matter, *Zea mays*.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de semillas de alta calidad es importante para todos los sectores de la agricultura. Las pruebas de semillas brindan información sobre la calidad de las semillas antes de la siembra a los agricultores, comerciantes de semillas y reguladores (OCDE, 2012). El análisis de pureza y las pruebas de germinación se han utilizado ampliamente para evaluar la calidad de las semillas durante aproximadamente un siglo. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha puesto énfasis en la medición de otros componentes de la calidad de la semilla, tales como: sanidad, pureza genética y vigor (Salinas et al., 2001).

*Zea mays* L. constituye uno de los principales alimentos en la dieta de la población latinoamericana. En Cuba tiene gran importancia y actualmente no se satisfacen las necesidades internas de dicho grano (Blanco & Leiva, 2010). En regiones tropicales húmedas con predominio de altas temperaturas y humedad relativa, la calidad del grano de este cultivo se ve afectada (Charm, 2007).

La superficie cultivada de maíz a nivel mundial ha ido aumentando en los últimos años, situándose en ese año de 2007, en unos 154 millones de hectáreas (ha) con un rendimiento promedio de 4474 kg. ha<sup>-1</sup>. Los principales países productores de maíz son Estados Unidos con 31 millones de ha y China con unos 24 millones de ha, y otros como Argentina, México y Rumanía. Estados Unidos es el país que más exportaciones realiza en el comercio internacional y es el responsable del 55%, aproximadamente, del total exportado en el citado 2007. Por cierto, 24 países como Argentina y China también evolucionan notablemente, aunque con aumentos más moderados (Acevedo, et al., 2011).

Consecuencia de las limitaciones económicas de la década del 90, el sector agrícola cubano tuvo que enfrentar una reducción drástica en los insumos y sucedió un

rápido deterioro de los sistemas usuales y centralizados de producción, mejoramiento y distribución de semillas. Desde que comenzó el fortalecimiento del sector cooperativo campesino, se ha tratado de solucionar el problema de la escasez de semilla certificada; sin embargo, las cantidades y calidad han sido insuficientes y los productores necesitan una mayor diversificación varietal que se adapte a las heterogéneas condiciones agroecológicas existentes (Morejón et al., 2014).

La International Seed Testing Association (ISTA) permite el estudio de protocolos de análisis con el fin de determinar las condiciones y métodos más adecuados para calibrar la calidad y condición de las semillas (Benito et al., 2004). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la calidad física de muestras de semillas de *Z. mays* producidas en diferentes escenarios productivos de la provincia de Cienfuegos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con ocho muestras de *Z. mays* durante los meses de enero a junio de 2021 recibidas en el Laboratorio Provincial de Semillas de Cienfuegos, MINAG. Se evaluaron las variedades TGH, Tuzón, MAIG-5461 y AME-15, esta última transgénica. Para determinar la calidad física de los mismos y el diagnóstico fitosanitario se determinaron en laboratorio las variables: cantidad de semillas puras, materia inerte, cantidad de semillas frescas, puras y muertas según la Norma Cubana NC: 70:01, perteneciente a las Normas ISTA. Para el conteo de germinación se consideraron semillas germinadas aquellas cuya longitud de radícula excedía la longitud de la semilla. Para ello se determinó el porcentaje de germinación y el número de plántulas normales y anormales.

### Resultados

La Tabla 1 muestra los análisis para los parámetros evaluados en el laboratorio en condiciones normales.

Tabla 1. Evaluación de muestras de maíz

Muestras	SP	MI	Pn	Pa	Sm	G (%)	H%	Peso 1000 Semillas (g)	VA %
1 TGH	99.57	0.43	92	2	1	99	14.1	255.30	91.60
2 TGH	99.80	0.2	88	4	2	98	13.1	305.16	87.82
3Tuzón	99.24	0.76	94	2	4	96	15.3	361.5	93.28
4 TGH	99.37	0.63	92	4	4	96	13.4	299.23	91.40
5 AME-15	98.39	1.61	85	5	10	90	15.4	285.32	84.00
6 AME-15	98.47	1.53	70	4	26	74	15.2	285.66	68.90
7 MAIG-5461	99.26	6.70	82	5	13	87	12.3	238.27	82.60
8 MAIG-5461	99.51	0.49	85	4	11	89	13.3	253.30	85.00

- La germinación mostró diferencias significativas entre las variedades evaluadas.

- Las muestras de semillas híbridas exhibieron porcentajes de germinación más bajos que el resto.
- La cantidad de materia inerte en el diagnóstico fitosanitario fue mayor para MAIG-5461 seguido del híbrido AME-15.
- El porcentaje de semillas puras fue superior al 98% en todas las variedades, lo que indica que están libres de cualquier mezcla de otras semillas y en menor cantidad de materia inerte.

La calidad de estas semillas tiene un efecto fundamental en el rendimiento final, por lo que resulta de suma importancia poder discriminar entre diferentes lotes de semillas. Semillas de alta calidad podrían sembrarse en condiciones no óptimas, o podrían ser almacenadas por mayor tiempo en comparación con lotes de menor vigor, pero dentro del rango de calidad. Esto coincide con lo planteado por McDonald (1998), que sugiere que los programas de control de calidad de las semillas, basados en ensayos bien fundamentados, asegurarían que sólo las mejores semillas se ofrezcan en el mercado.

Kaewnaree et al., (2011) indicaron que en las diferencias en el patrón del porcentaje de lavado de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> de semillas remojadas, se ha propuesto que el daño de la membrana celular en diferentes calidades de semillas impactó en la baja capacidad de transporte de proteínas en la membrana celular para controlar el transporte de electrolitos. Aunque la lixiviación de electrolitos es aparentemente una medida de la pérdida de semipermeabilidad de la membrana plasmática, es posible que la transición de fase de los ácidos grasos de la membrana desde un estado líquido-líquido cristalino a un estado sólido-gel sea el evento principal que afecta a la membrana plasmática. La proteína de transporte, después del evento principal, los lípidos de membrana más degradados de la bicapa de fosfolípidos por enzimas como la peroxigenasa lipídica o la reacción de peroxidación lipídica secuencial y provoca una pérdida en la integridad de la membrana.

Sin embargo, los resultados de estos autores apoyan la posibilidad de que una lixiviación de electrolitos de la semilla empapada provoque el deterioro de la proteína transportadora en la membrana. Por otro lado, Kaewnaree et al., (2008) reportaron que el deterioro de las membranas que probablemente implica la peroxidación lipídica y está asociado con el estrés oxidativo de los radicales libres, conduce a la lixiviación de las membranas. El lavado de iones, aminoácidos y azúcares es un signo claro de deterioro de la membrana que da como resultado un gran aumento de la permeabilidad. Este radical libre induce una peroxidación no enzimática que tiene el potencial de dañar la membrana. También es la causa principal de la pérdida de electrolitos y la disminución de la germinación de semillas.

La prueba de germinación estándar, considerada la prueba universal para la calidad de la semilla, evalúa el potencial máximo de un lote particular de semillas en condiciones ideales (ISTA, 1993). Sin embargo, esta prueba se realiza en condiciones ideales y no refleja necesariamente

la emergencia de plántulas de ese lote de semillas en condiciones de campo. Sha et al., (2002) compararon el comportamiento de varias pruebas de vigor de semillas para evaluar el vigor de cultivares de maíz subtropical y encontraron que la prueba estándar de germinación mostró una alta correlación (0.75) con la emergencia en campo de híbridos de maíz subtropical.

La producción y entrega a los agricultores de semilla de buena calidad de variedades mejoradas y adaptadas, que esté sana y genéticamente estable, es una tarea laboriosa que requiere una organización sólida, técnica y económica, por ello estos estudios dan la confianza para el uso de la semilla en la provincia de Cienfuegos. El empleo de semilla de calidad reduce el área a sembrar y la necesidad de replantar, porque está garantizado un alto porcentaje de germinación, la uniformidad en la floración facilita la cosecha de los granos, el vigor en generaciones tempranas le permite competir con las arvenses, aportan mayores rendimientos y mejora la calidad del grano al no estar contaminada con otros cultivares (Asea et al., 2010).

Gotardo et al., 2001 reportan que periodos de remojo mayores o iguales a 18 horas fueron más sensibles para diferenciar la calidad fisiológica entre lotes de semillas de maíz. Categoría significativa a la hora de realizar las evaluaciones ya que el fruto del maíz, al igual que el del resto de las gramíneas se le denomina cariósipide, y es seco e indehisciente. Se clasifica como grano desnudo, es decir, las glumillas que lo protegen se desprenden del mismo espontáneamente. La coloración característica del grano de maíz, viene dada por la pigmentación de la capa más externa del albumen, de base proteica, llamada aleurona; las capas internas del endospermo suelen ser de pigmentación amarilla o blanca (Poetig, 1982).

Estos estudios de calidad Física en la semilla son fundamentales porque en la actualidad sigue siendo uno de los cultivos más importantes en la base de la alimentación humana y animal a nivel mundial, en la economía y en la investigación y en el desarrollo científico del reino vegetal. Según datos del Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino, y del Anuario de Producciones de la FAO, en el año 2007 la producción mundial de maíz alcanzó una cifra de alrededor de 690 millones de toneladas, y superó a las producciones de trigo y arroz, que hasta ese año habían sido los cereales principales (FAO, 2014).

La calidad es un elemento esencial a considerar en la producción de semillas, tanto para evitar la contaminación y cumplir los estándares de calidad requeridos, como para obtener los volúmenes adecuados de semilla aprovechable. La calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten a la semilla mantener altos índices de viabilidad. Los principales indicadores de la calidad fisiológica son la germinación y el vigor, que dependen del genotipo y del cuidado de su desarrollo en la producción y del manejo poscosecha (Moreno et al., 1988).

Los resultados en los análisis muestran que la muestra **6** AME-15 fue la de menor porcentaje de germinación, esto

podiera influir en el rendimiento del grano, pero estudios de Antuna et al., (2003) donde evalúan componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz, incluyendo el rendimiento de grano, indican que la calidad fisiológica inicial de las semillas no influye directamente en los caracteres agronómicos durante el desarrollo del cultivo. Mientras que Ortega (2014) cita que la alta capacidad de rendimiento en el campo e industria y la respuesta favorable en la resistencia a plagas, son factores esenciales que se mantienen si se cuenta con semilla de alta calidad. Además, esta debe poseer un alto porcentaje de germinación, excelente vigor y el cultivar debe ser resistente al acame y al desgrane.

## CONCLUSIONES

Se logró analizar la calidad física de las cuatro variedades según las muestras, a germinación mostró diferencias significativas entre las variedades, las semillas híbridas exhibieron los porcentajes de germinación más bajos. La cantidad de materia inerte en el diagnóstico fitosanitario fue mayor para MAIG-5461 seguido del híbrido AME-15. El porcentaje de semillas puras fue superior al 98% en todas las variedades, lo que indica que están libres de cualquier mezcla de otras semillas y en menor cantidad de materia inerte. Este trabajo contribuye de alguna forma al conocimiento de la calidad de las semillas que se están produciendo para así ser utilizada como semilla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, R., Jaramillo, C., Cabello, M., Larenas, V., González, I., & Leyton, G. (2011). *Manual De Recomendaciones Cultivo De Maiz*. Chile. <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document>
- Antuna, O., Rincón, F., Gutiérrez, E., Ruiz, N. A., & Bustamante, L. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. (*Fitotecnia Mexicana*), 26(1)11-17. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61026102>
- Asea, G., Onaga, G., Phiri, N. A., & Karanja, D. K. (2010). Rice seed production manual. (*National Crops Resources Research Institute and CABI Africa*). <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i2.21104>
- Benito, L. F., Herrero, N., Jiménez, I., & Penuelas, J. L. (2004). Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de Pinus pinea. Test de tetrazolio e índigo carmín. (*Cuadernos Sectores Forestales*), 17(23-28). [http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos\\_secf/article/view](http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view)
- Blanco, Y., & Leiva, A. (2010). Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). (*Cultivos tropicales*), 31(2) pp. 11-17, ISSN 0258-5936. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000200002)
- Charm, S. (2007). Food Engineering applied to accommodate food regulations, quality and testing. (*Alimentos ciencia e ingeniería*) ISSN 1390-2180. <https://www.researchgate.net/publication/227317133>
- FAO. (2014). Organic Agriculture. (*Glosario de agricultura orgánica*), 56(27-48) <http://www.fao.org/organicag/en/>.
- Kaewnaree, P., Vichitphan, S., Klanrit, P., Siric, B., & Vichitphan, K. (2011). Effect of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annum* Linn.) seeds. (*Biotechnology*), 10(175-182). <https://scialert.net/fulltext/?doi=biotech.2011.175.182>
- Kaewnareea, P., Vichitphan, S., Klanrit, P., Siric, B., & Vichitphan, K. (2008). Electrolyte leakage and fatty acid changing association in accelerated aging sweet pepper seed. (*Biotechnol*), 136(149-149). <https://www.researchgate.net/publication/247030684>
- McDonald, M. B. (1998). Seed quality assessment. (*Seed Science Research*), 8(265-275).
- Morejón, R., Díaz, S. H., Díaz, G. S., Pérez, N. & Ipsán, D. (2014). Algunos aspectos del manejo de la semilla de arroz por productores del sector cooperativo campesino en dos localidades de Pinar del Río. *Cultivos Trop.* 31:80-85. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000200010>
- Ortega, R. 2014. *Manual para la producción de semilla de arroz*. Pecuarías MEX. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/21104>
- Poetig, R. (1982). Maize. The plant and its parts. Maize for Biological. (*Research Sheridan*), 89(140-148).
- Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Craviotto, R. M., & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. (*Pesquisa Agropecuaria Brasileira*), 36(371-379). <https://www.scielo.br/j/pab/a/YPKX-VKw9MbrZDgbhyJ5T7NK/abstract/?lang>
- Shah, F., Watson, C., & Cabrera, E. (2002). Seed vigour testing of subtropical corn hybrids. (*Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station*), 23(2)66.

## ANEXOS



Figura 1



Figura 2

# 09

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

## EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE DESARROLLO LOCAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

### ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN LOCAL DEVELOPMENT PROJECTS FOR FOOD PRODUCTION

Adrián Cabrera González<sup>1</sup>

Email: [acgonzalez@ucf.edu.cu](mailto:acgonzalez@ucf.edu.cu)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8735-5178>

Milagros de la C. Mata Varela<sup>1</sup>

Email: [mmata@ucf.edu.cu](mailto:mmata@ucf.edu.cu)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2394-5990>

Raúl Gerardo Ruíz Domínguez<sup>1</sup>

Email: [rruiz@ucf.edu.cu](mailto:rruiz@ucf.edu.cu)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3587-2875>

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

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cabrera González, A., Mata Varela, M. C., Ruíz Domínguez, R. G. (2022). Evaluación del impacto ambiental en proyectos de desarrollo local para la producción de alimentos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 70-76. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

La conservación del medio ambiente y su aplicación a partir de políticas públicas es requisito indispensable para que el crecimiento económico se traduzca en desarrollo sostenible. Sin embargo, los procedimientos de evaluación de impacto ambiental (EIA) y evaluación ambiental estratégica (EAE), son instrumentos importantes de las políticas ambientales preventivas. El trabajo tiene como objetivo reflexionar teóricamente sobre la EIA y su tratamiento en los proyectos de desarrollo socioeconómico local desde la confrontación proyecto – ambiente. Dentro de sus principales resultados se encuentran la identificación de vacíos teóricos, prácticos y metodológicos relacionados con la EIA y su normalización, su empleo en la planificación territorial y para el análisis y monitoreo a través del ciclo de vida de los proyectos de inversión, que contribuyan a la identificación y evaluación de los principales impactos ambientales. La pertinencia de la investigación se materializa en los Lineamientos de la Política Económica y Social (49, 98-112 y 158) aprobados en los congresos séptimo y octavo del Partido Comunista de Cuba y la contribución al Plan de Soberanía Alimentaria y Nutricional en aras de lograr sistemas alimentarios locales soberanos y sostenibles a nivel municipal.

#### Palabras Claves:

Impacto ambiental, desarrollo local, proyectos de desarrollo local, evaluación, EIA.

#### ABSTRACT

The conservation of the environment and its implementation based on public policies is a prerequisite for economic growth to translate into sustainable development. However, the procedures of environmental impact assessment (EIA) and strategic environmental assessment (SEA) are important instruments of preventive environmental policies. The work aims to reflect theoretically on the EIA and its treatment in local socioeconomic development projects from the project-environment confrontation. Among its main results are the identification of theoretical, practical and methodological gaps related to EIA and its standardization, its use in territorial planning and for the analysis and monitoring throughout the life cycle of investment projects, which contribute to the identification and evaluation of the main environmental impacts. The relevance of the research is embodied in the Economic and Social Policy Guidelines (49, 98-112 and 158) approved in the seventh and eighth congresses of the Communist Party of Cuba and the contribution to the Food and Nutrition Sovereignty Plan in order to achieve sovereign and sustainable local food systems at the municipal level.

#### Keywords:

Environmental impact, local development, local development projects, evaluation, EIA.

## INTRODUCCIÓN

La responsabilidad en la protección del medio ambiente -como labor compartida entre la sociedad, el gobierno y las empresas- es un argumento del debate entre la sustentabilidad y el beneficio económico, que propone la revisión de políticas económicas nacionales que motiven a las organizaciones a enfrentar los diferentes niveles de compromiso con su entorno natural y lograr así, un beneficio social.

Los estudios de impacto ambiental se sustentan en un conjunto de metodologías y herramientas, que se integran al análisis del proyecto, considerando todas sus fases. Adicionalmente, está incluida en la implementación de sistemas de gestión ambiental con el fin de evaluar la significancia de los impactos ambientales.

En este sentido, la EIA constituye una de las herramientas de protección ambiental que fortalece la toma de decisiones a nivel de políticas, planes, programas y proyectos, e incorpora variables que tradicionalmente no son consideradas durante su planificación, diseño o implementación. La experiencia de diversos países permite la extensión de su uso no sólo para grandes proyectos de inversión, sino también a otras actividades de desarrollo que requieren de una variedad de proyectos individuales, evitando de esta forma los efectos acumulativos a nivel regional.

En este contexto se inserta el presente trabajo, que parte de entender que los PDSL no solo requieren de armonizar con el medioambiente, sino que además necesitan de un enfoque multidimensional, así como de utilizar determinados criterios que permitan una integralidad en la evaluación (eficacia, pertinencia, eficiencia, impacto y sostenibilidad) y donde la dimensión ambiental es de atención dentro de este proceso como parte del criterio o estándar de impacto.

Uno de los resultados más importantes de Ruiz Domínguez, R. (2021) está relacionado con el impacto ambiental de tres proyectos de desarrollo local de tipo económico, que resultó ser el de menor grado de movilización de los actores respecto a los objetivos estratégicos de los proyectos, unido a la necesidad de formación y capacitación de los mismos en estos temas.

Es así, que se materializa la necesidad de contar con marcos analíticos sólidos para los estudios de impacto ambiental; el objetivo del trabajo se enmarca en reflexionar teóricamente sobre la EIA en el contexto de los PDSL.

## DESARROLLO

En la dinámica del mundo actual, prevalece el desarrollo territorial como una gran oportunidad para las localidades en aras de generar mayor autonomía, florecimiento económico y social a partir del aprovechamiento de sus propios recursos.

Otro aspecto importante en el análisis lo constituye la contraposición entre el desarrollo exógeno imperante en la América Latina y el Caribe y el desarrollo endógeno. Al respecto, las autoras Vivas, Rodríguez y Mendoza

de Ferrer (2010) y en coincidencia total con Vázquez-Barquero (2000) apuntan que este último *“es un proceso de crecimiento y cambio estructural que mediante la utilización del potencial de desarrollo existente en el territorio, conduce a la mejora del bienestar de la población de una localidad o una región”* (p. 5) apuntan además que *“se registra como característica diferenciadora que en el desarrollo endógeno, la comunidad local es capaz de liderar el cambio estructural, mientras que en el caso de un desarrollo exógeno dependerá de agentes externos a dicha comunidad”* (p. 18)

Las exigencias de eficiencia productiva y organizacional que imponen los mercados globalizados, han impulsado a los agentes locales tanto públicos como privados al diseño de estrategias que permitan insertar eficientemente al territorio en este contexto de crecimiento, generándose en ciertos casos, respuestas locales espontáneas que se concretan en iniciativas para el desarrollo local.

En este sentido, Alburquerque, F. (2002) señala que:

El desarrollo dentro del ámbito local puede entenderse como el proceso de transformación de una economía y el conjunto de sociedades locales, el cual se orienta a la superación tanto de las dificultades como de los retos existentes, con el fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes, a través de la actuación decidida y concertada, entre los agentes socioeconómicos locales, ... para aprovechar de manera eficiente y sustentable, los recursos endógenos existentes, por medio del fomento de las capacidades emprendedoras de las empresas locales, así como de la creación de entornos innovadores dentro del territorio. (p. 33)

En los momentos actuales y particularmente en el caso de Cuba, se potencia con gran énfasis el desarrollo socioeconómico local, como proceso para la coordinación y actuación desde los diferentes territorios del país, como una vía para la capitalización de las capacidades locales, que mantiene el diálogo constante y efectivo, con los agentes económicos, sociales y políticos, claves dentro de este proceso.

Se avanza en la modalidad de desarrollo socioeconómico local desde la primera década de este siglo y oficialmente la temática cobra nuevos bríos a partir del año 2011, con los lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución, aprobados en el VI congreso (PCC, 2011). En lo referido a los territorios se establece el desarrollo de proyectos locales, conducidos por los Consejos de Administración Municipales, en especial los de producción de alimentos, como una estrategia de trabajo para el autoabastecimiento municipal.

Esta idea se perfecciona a raíz del VII y VIII Congreso del partido (PCC, 2017, 2021) que propiciaron el avance de las iniciativas de desarrollo municipal; con lo cual no solo se revitaliza la dimensión local de los procesos de desarrollo, sino también la gestión del desarrollo a nivel de los territorios.

Debido a la prioridad que adquiere el desarrollo socioeconómico local en la actualidad, los temas relacionados con la gestión de proyectos de desarrollo desde el ámbito de lo local enfrentan los desafíos impuestos por el contexto global en el que se inserta con gran esfuerzo el país.

Es por ello que resulta importante evaluar a profundidad los proyectos que se ejecutan en este ámbito de manera que los recursos disponibles se destinen a aquellos que verdaderamente respondan a las prioridades de los territorios y a su desarrollo.

Los autores Islas Pineda, J. A., López Pérez, J. F. en coincidencia total con (Consoli, 2012; Bonomi Santos y Ledur Brito, 2012; Liang You, J.-J., & Liu, C.-C., 2010) apuntan que ante el afán de medir la efectividad o desempeño de los proyectos en cualquier de las modalidades de evaluación dentro del ciclo de vida es necesario vislumbrar la modalidad a trabajar pues **“se identifican principalmente dos tipos de desempeño: el operacional y el financiero”** (p. 4).

Dentro del último grupo (financiero) se trabajan indicadores como la rentabilidad sobre inversiones, rentabilidad sobre recursos, las utilidades, las ventas o el valor de mercado de las empresas; mientras que dentro de la primera tipología (operacional) se encuentran los costos, ahorros, calidad, reducción de tiempos, desarrollo de nuevos productos, la mejora en el servicio al cliente, entre otros (Islas Pineda., López Pérez, J. F., & Palomo González, M. Á., 2020)

La evaluación de impacto tiene lugar en el tercer y último momento para la gestión de un proyecto de desarrollo, es considerada, además, como una acción transversal durante el ciclo de vida de los mismos y exige de un instrumental metodológico para su valoración tanto cuantitativa como cualitativamente.

Para Ruiz Domínguez, R. G. (2021) un elemento esencial dentro de la evaluación del impacto de los proyectos de desarrollo local de tipo económico (PDLE) es **“estimar la correlación de fuerzas que existen entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a determinados retos y objetivos asociados”** (Godet, M. y Durance, P. 2011, p. 69) aspecto que constituye la novedad científica de su investigación.

Uno de los resultados más importantes de Ruiz Domínguez, R. G. (2021) está relacionado con el Impacto Ambiental (IA) de tres proyectos de desarrollo local de tipo económico, que resultó ser el de menor grado de movilización de los actores respecto a los objetivos estratégicos, unido a la necesidad de formación y capacitación de los mismos en estos temas. Este análisis coloca a la dimensión ambiental en el centro de atención dentro de este proceso como parte del criterio o estándar de impacto.

Asimismo, autores como Alburquerque, F (1996), Arocena, J (1995), Guzón Camporredondo, A. (2005), Padilla Sánchez, Y. (2007), entre otros, insisten en que, a pesar de la inclusión en los estudios territoriales del tema medioambiental desde la década del noventa del pasado

siglo, la visión de considerarla como una dimensión para la gestión del desarrollo socioeconómico local es muy reciente.

Los autores Lira, L. (2011), González Fontes, R. (2011), Rozenblum, C. (2014) Carvajal Lombana (2017) y Ruiz Domínguez, R. G. (2021) reconocen esta dimensión del desarrollo insertado en el estudio de proyectos, de conjunto con otras como la económica, tecnológica, financiera, social, humano, de sostenibilidad, de desarrollo institucional, político y cultural.

A pesar de ello persisten limitaciones en la EIA y su tratamiento dentro del ciclo de vida de los proyectos de inversión con énfasis en las etapas iniciales (planificación y ejecución) entorpeciendo su carácter profiláctico y de aviso temprano. Además, existe un reconocimiento exclusivo de esta técnica para la última fase del ciclo (evaluación)

Sin embargo, en Iberoamérica destacan trabajos anteriores que abordan la EIA a partir de la confrontación proyecto-ambiente. Un caso interesante resulta el desarrollado por García Arrenza (2005) a partir de una metodología de EIA con base en la instalación de parques eólicos en áreas de montaña de Galicia, así como los Planes de Seguimiento y Vigilancia Ambiental, incluyendo la selección de los indicadores ambientales susceptibles de control de eficacia.

Por su parte Bolta Escolano (2006) y Zabalsa Bribrán (2011) centran la atención en la participación pública como herramienta clave en los procesos de EIA y como requisito para que el crecimiento económico se traduzca en desarrollo sostenible.

Se han realizado también estudios de análisis y evaluación de impactos energéticos y medioambientales para los edificios a través de su ciclo de vida completo (De Oliveira Lanchotti, 2013), otros han estado dirigidos al desarrollo de herramientas, utilizadas para valorar el comportamiento medioambiental y la toma de decisiones ante diferentes alternativas en la fase inicial de diseño de proyecto, fundamentalmente de edificaciones (Huedo Dordá, 2014); y la valoración de los bienes ambientales como una herramienta imprescindible dentro del proceso de la EIA (Petracca, 2017)

Por su parte Pérez Figueredo, A. S (2013) propone un procedimiento que favorece la gestión de los riesgos ambientales locales, en la estrategia de desarrollo de los municipios garantizando seguridad para la infraestructura física, económica y social de los territorios.

También De Oliveira Lanchotti, A. (2013) insiste en la obligatoriedad de la EIA de proyectos, de forma previa y sistemática para evaluar las consecuencias de un proyecto sobre el entorno, ponderando las ventajas y los perjuicios ecológicos resultantes de su ejecución, lleva implícito, además, la propuesta de alternativas y medidas de corrección y donde se garantiza la participación de los ciudadanos y de los actores involucrados en este proceso.

Otras investigaciones del ámbito nacional e internacional acerca de la EIA son los realizados por Leopold et al. (1971) y Sorensen et al. (1973) que proponen diferentes variantes de matrices, en los proyectos para la identificación de impactos. Por otra parte, Cabrera Cabrera, M (1987) presenta los métodos más conocidos para la identificación y valoración de los impactos ambientales, sobre la base del nivel de intensidad de las evaluaciones en proyectos de inversión.

Asimismo, Conesa Fernández-Vitora, V. (1997) y Gómez, D. (1999), en su manual "Guía Metodológica para la Evaluación de Impactos Ambientales", exponen procedimientos y métodos de trabajo con un enfoque integral de la EIA y la utilización de métodos cualitativos y cuantitativos con énfasis en las matrices, asimismo adoptan una tipología de clasificación de diez clases de impactos. Particularizan también en la matriz de importancia con relación a las acciones, tanto en la fase constructiva como de funcionamiento de los proyectos y los factores del medio que pueden ser afectados.

Posteriormente, Sánchez (2011), utiliza dos enfoques distintos, pero complementarios dirigidos, el primero de ellos a identificar, prever y evaluar la importancia de las consecuencias futuras de las decisiones relacionadas con proyectos de inversión y sus impactos ambientales, y el segundo se centra en los métodos y herramientas de identificación, previsión y evaluación de los impactos ambientales.

En Cuba, desde la propia declaratoria de la política ambiental del país y del programa para su implementación, así como en diferentes documentos normativos gubernamentales, sectoriales y ministeriales entre otros, se materializa el interés del estado y el gobierno de actuar en los estudios sobre los impactos que el desarrollo de las actividades económicas y sociales pueden producir en el medio ambiente.

Como referencia fueron consultadas también tesis de maestría realizadas en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) y una investigación en los marcos de la maestría de Producciones más limpias de la Universidad de Cienfuegos dirigida a la EIA de la producción de almidón de la empresa Gydemá (Fernández Geroy, S. C. 2020) entre otras.

Como resultado de la revisión bibliográfica y documental, así como de la legislación ambiental vigente en Cuba, se pudo constatar la situación que presenta el estudio y aplicación de la evaluación de impactos ambientales en el país, donde se evidencia problemas en tres aspectos esenciales, a saber:

- Los principales documentos normativos de la legislación cubana vigente sobre medio ambiente no reflejan los estudios de las evaluaciones ambientales locales y su articulación como parte de los procesos en el territorio.
- Insuficiente tratamiento de la EIA en los instrumentos de planificación territorial y económica, así como su

conocimiento que limita la calidad de los de proyectos y su control gubernamental a partir de las normativas vigentes para las personas jurídicas, los territorios, y a nivel nacional.

- Limitado conocimiento sobre la EIA en los proyectos de desarrollo socioeconómico local, durante todas las fases del ciclo de vida de los proyectos de inversión (planificación, ejecución y evaluación). En la mayoría de los casos solo se evalúa su impacto económico y no se le da espacio a la evaluación de impacto ambiental que representa también un aspecto de gran importancia.

En el análisis realizado se pudo conocer de las posibles causas que influyen en la conformación de este escenario obteniéndose:

- Reconocimiento por parte de organismos como el CITMA, Planificación Física y gobierno provincial de inconsistencias entre la teoría y la práctica de la EIA, destacando aspectos relacionados con el conocimiento y el empleo de herramientas y metodologías que garanticen la integralidad de los análisis y su incorporación a los planes de ordenamiento territorial, planificación física y económica.
- En la revisión bibliográfica realizada, si bien es cierto que existe un reconocimiento del trabajo en Cuba sobre el impacto ambiental, aún prevalece en la mayoría de las acciones y planes, el enfoque administrativo de respuesta a emergencias y desastres de grandes magnitudes y enfoques reactivos.
- En la bibliografía consultada no se advierten propuestas orientadas a evaluar el impacto ambiental de los proyectos que contribuyen al avance en las dimensiones de análisis del desarrollo territorial, articulados a las estrategias, prioridades locales y de país. Especialmente el Impacto ambiental y su evaluación en los PDLE, según Ruiz Domínguez, R. G. (2021) es el de menor grado de movilización de los actores, unido a la necesidad de formación de los mismos en estos temas, lo que limita la integralidad y el valor agregado en los enfoques.

Todo lo anterior permite plantear que los elementos teóricos y metodológicos que se aportan desde los antecedentes revisados resultan insuficiente para evaluar los impactos ambientales desde un enfoque integral, asociados a los proyectos de desarrollo socioeconómico local.

### *Resultados en los PDSL*

Como resultados de Ruiz Domínguez, R. G. (2021) al cierre de octubre 2019, existían en la provincia de Cienfuegos, un total de 100 proyectos de desarrollo local, distribuidos según tipología en 78 económicos, uno de I+D+i, seis institucionales, cinco medioambientales y diez socioculturales. El mayor número de proyectos se ubican en el municipio Cienfuegos, seguido de los municipios Aguada, Palmira, Abreus, Cruces, Rodas, Cumanayagua y Lajas, en ese orden, a lo que se suman tres proyectos que se

gestionan directamente desde el grupo de gestión de proyectos adjunto al Gobierno Provincial de Cienfuegos.

De los 78 proyectos económicos registrados, sólo 11 habían terminado la etapa inversionista y se encuentran funcionando, de ellos, siete clasifican como productos turísticos, dos son agroindustriales y dos de prestación de servicios.

Los 11 proyectos responden a la estrategia de desarrollo del municipio y de la provincia, se insertan en una cadena productiva o de servicios del territorio, son consecuentes con los lineamientos de la política económica y social del país, en función de ejes estratégicos definidos en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) hasta el 2030 y los bienes y/o servicios que producen están destinados al turismo, la población, el sector de los servicios y en el caso de los dos agroindustriales contribuyen actualmente a la sustitución de importaciones, con la proyección de poder exportar en el mediano o largo plazo.

Se seleccionaron, un proyecto por modalidad identificada durante el diagnóstico, a partir de su pertinencia y el tiempo transcurrido desde su puesta en funcionamiento, superior a los tres años, resultaron ser:

1. Fortalecer la producción de conservas y otros alimentos con recursos locales en la minindustria "El Mango" de la Industria Alimentaria de Abreus (Modalidad: Agroindustrial). Nombre corto: Minindustria.
2. Promoción del desarrollo económico social de la comunidad "El Castillo" (Municipio Cienfuegos) a partir de la explotación de "La Fortaleza" como destino turístico (Modalidad: Producto turístico). Nombre corto: Fortaleza.
3. Fortalecimiento de los procesos de diseño arquitectónico e ingeniero de la Oficina de Proyectos para su gestión y comercialización del municipio Cienfuegos (Modalidad: Servicios). Nombre corto: Diseño arquitectónico.

Se trabaja en la evaluación de impacto con un sistema de indicadores que se listan en la tabla 1.

Se procede entonces al cálculo de los índices relativos para el primer proyecto que contribuye a la producción de alimentos por cada uno de los criterios de impacto definidos.

- Criterio de Pertinencia (IRP): El valor del Índice relativo del criterio pertinencia (IRP) fue de 0,96 para el proyecto de la Minindustria distinguiéndose por su aporte en la sustitución de importaciones, a partir de la venta directa al turismo, combinado lácteo y la población local como los principales clientes en el momento actual.

Se logra con este proyecto fomentan el encadenamiento hacia atrás, y hacia delante. Sin embargo, se identifica como limitante las restricciones que impone que sólo pueden recibir insumos como materia prima para el proceso a través de Acopio, mediando la gestión de la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia, como entidad con personalidad jurídica responsable del proyecto.

- Criterio de Impacto (IRI): El impacto se evalúa a partir del efecto que genera el proyecto en las dimensiones del desarrollo territorial que se asumen en la investigación, dígame, sostenible ambiental; institucional, político y cultural; social y humano y económico, tecnológico y financiero que permite obtener los índices relativos de impacto por cada dimensión (IRIDx). Los resultados fueron lo siguientes: Desarrollo sostenible ambiental: 0.17; Desarrollo institucional, político y cultural: 0.78; Desarrollo social y humano: 0.94 y Desarrollo económico, tecnológico y financiero: 0.83. IRI: 0.74. El índice relativo de impacto (IRI) clasifica como impacto positivo medio, observar que la dimensión desarrollo sostenible ambiental es la de más bajo resultado.

- Criterio de Sostenibilidad (IRS): Dimensión tecnología, operación y mantenimiento: 0.63, medio. El aspecto que más afecta esta dimensión es la dependencia tecnológica, que provoca demoras en el proceso por la espera de los patrocinadores que posee en frontera, y que influye en la efectividad de la estrategia de mantenimiento, sumándose la no disponibilidad de infraestructura de apoyo en cuanto a logística y el capital social con el conocimiento del saber y saber cómo hacer.

Dimensión técnico-organizativa e institucional: 0.72, medio. La principal afectación está en el grado de participación de los beneficiarios, además de no poseer una estrategia gradual para el escalamiento del proyecto hacia formas organizativas superiores que permitan una mayor autonomía en la gestión.

Dimensión económico-financiera: 0.63, medio. Condicionado por la disponibilidad irregular de insumos en el momento actual, lo que se agudiza con la falta de garantías a mediano y largo plazo de proveedores de los insumos que necesitan para mantener de manera sostenible en el tiempo su normal funcionamiento.

Dimensión sociocultural: 0.97, alto.

Dimensión Política: 0.50, bajos. La causa de lo anterior es que la crítica situación de la política internacional, en especial por parte de Estados Unidos configura un escenario cada vez más complejo para garantizar la sostenibilidad de los resultados del proyecto.

Dimensión Ambiental: 0.50, bajos. El elemento crítico que amenaza la sostenibilidad los riesgos de desastres naturales que si pueden llegar a afectar la infraestructura y tecnología disponible e instalada

Capacitación: 0.92, alto.

**IRS:** 0.75 valor calificado de positivo medio.

- Criterio de Eficacia (IRE):

**Cumplimiento temporal (Ejecución): -0.50**  
Ejecución del presupuesto: -0.19

Cumplimiento de los resultados del proyecto: 1.00

Cumplimiento de los propósitos del proyecto (Resultados): 1.00

**IRE:** 0.33, bajo. Estos resultados se explican porque, aunque se cumple al 100% con los propósitos y resultados esperados, la ejecución del presupuesto se excede en un 19%, debido a variaciones entre el nivel de precios estimados en el estudio de factibilidad y los precios a los que realmente se adquiere la tecnología.

• Criterio de Eficiencia (IRF):

Rentabilidad financiera: 0.57

Rentabilidad de las ventas: 0.17

Relación costo beneficio de los resultados: 0.24

Aprovechamiento de la capacidad instalada en el proyecto: 0.58

Avance del proyecto respecto a la ejecución del presupuesto: 0.44

Avance del proyecto respecto al cumplimiento temporal: 0.56

**IRF:** 0.43, baja. Dentro de los principales problemas destacan: el bajo aprovechamiento de la capacidad instalada con el proyecto, a causa del insuficiente suministro de materia prima a través de Acopio, que sumado a la mala calidad de la materia prima y acompañado de problemas como: demora entre la recogida en el campo y la llegada a la minindustria y manipulación inadecuada, da lugar a demoras en la selección inicial antes de su entrada al proceso de producción, desechando una parte importante por encontrarse en mal estado; todo ello condiciona baja relación costo-beneficio y afectación en la rentabilidad general.

## CONCLUSIONES

- Los proyectos de desarrollo socioeconómico local se han convertido en una de las formas preferentes de la política de desarrollo en los territorios, y donde debe quedar demostrada su viabilidad social, económica, financiera, técnica, institucional, legal y ambiental durante todo su ciclo de vida.
- La EIA es un proceso que se desarrolla de forma simultánea al ciclo de vida de los proyectos de inversión y que tiene presencia en todas y cada una de las modalidades de evaluación de proyectos, precisamente durante las fases de planificación y ejecución es donde se concentra la mayor cantidad de acciones de la EIA.
- Independientemente de los resultados importantes obtenidos por Ruiz Domínguez, R. G. (2021) en materia de evaluación de impacto, continua este tema siendo de atención por los investigadores, así lo reconoce el autor cuando afirma "continuar desarrollando esta línea de investigación de manera que contribuya a mejorar la gestión articulada y descentralizada del desarrollo

local y el fortalecimiento de capacidades de los actores claves" (p. 119)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alburquerque, F. (1996). Desarrollo económico territorial. Guía para agentes. Instituto de desarrollo regional. Universidad de Sevilla. España
- Alburquerque, F. (2002) *Guía para agentes de Desarrollo Económico Territorial*. Instituto de Desarrollo Regional (Fundación Universitaria). Sevilla
- Arocena, J. (1995). El desarrollo local: Un desafío contemporáneo. Centro Latinoamericano de Economía Humana. Universidad Católica de Montevideo. Uruguay: Nueva Sociedad. Caracas. Venezuela.
- Bolta Escolano, A. (2006). *Propuesta de una metodología para la participación pública en la Evaluación de Impacto Ambiental* (Tesis de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Bonomi Santos, J., & Ledur Brito, L. A. (2012). Toward a Subjective Measurement Model for Firm Performance. *Brazilian Administration Review (BAR)*, 9(Special Issue), 95-117.
- Cabrera Cabrera, M. (1987). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Revista de Obras públicas. 134 (3263): 737-743p.
- Carvajal Lombana, D. M. (2017). Del enfoque territorial, sus características y posibles inconvenientes en su aplicación en el marco del acuerdo de paz. Nro 16(Universo estudiantil Bogotá), 57-76.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental 2da edición Madrid Editorial Madrid Prensa. Madrid. 1997. 3ª edición. Referencia de la biblioteca de Filosofía: FL/ TD 194.6.C66. 108p.
- Consoli, D. (2012). Literature Analysis on Determinant Factors and the Impact of ICT in SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 62, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.016>
- De Oliveira Lanchotti, A. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental en Brasil ante el reto de alcanzar un desarrollo sostenible* (Tesis de Doctorado). Universidad de Castilla-La Mancha, España.
- Fernández Geroy, S. C. (2020). *Evaluación del impacto ambiental de la producción de Almidón de la Empresa GydeMa* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez», Cienfuegos, Cuba.
- Gaceta Oficial de la República de Cuba. (2020). Resolución 113 / 2020 del Ministerio de Economía y Planificación. «Indicaciones Metodológicas para la elaboración del Plan de la Economía Nacional para el 2021».

- García Arrenza, A. M. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental de Parques Eólicos en Galicia* (Tesis de Doctorado). Universidad de Santiago de Compostela, España.
- Godet, M., y Durance, P. (2011). La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. UNESCO.
- Gómez, D. (1999). Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid. 1ª edición. Referencia de la biblioteca de Filosofía: FL/TD 194.4. G6.100p
- González Fontes, R. (2011). El modelo integral para la gestión del desarrollo local. Revista Retos de la dirección. Universidad de Camagüey. Cuba. pág 5.12
- Guzón Camporredondo, A. (2005). Desarrollo local en Cuba. Retos y perspectivas. Editorial Academia. La Habana.
- Huedo Dordá, P. (2014). *La evaluación del impacto ambiental de la envolvente del edificio como herramienta de apoyo en la fase de diseño, aplicada a viviendas*. (Tesis de Doctorado). Universitat Jaume.I, España.
- Islas Pineda, J. A., López Pérez, J. F., & Palomo González, M. Á. (2020). Factores de las TIC que contribuyen a mejorar el desempeño del negocio de las MIPyMES. *Contaduría y Administración*, 65(4), 1-20.
- Leopold, L. B. et al., (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. United States Geological Survey, Geological Survey Circular No. 645, Washington, D.C.13p.
- Ley No. 327. Reglamento del proceso inversionista (2014). En *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. Ministerio de Economía y Planificación, Cuba.
- Liang, T.-P., You, J.-J., & Liu, C.-C. (Junio 20210). A resource-based perspective on information technology and firm performance: A meta analysis. *Industrial Management & Data Systems*, 110(8), 1138-1158. <https://doi.org/10.1108/02635571011077807>
- Lira, L. (2011). Desarrollo Territorial (Notas de clases). <https://www.u-cursos.cl>
- MEP. (2017). Resolución 156 / 2017 del Ministerio de Economía y Planificación. «Indicaciones Metodológicas para la elaboración del Plan de la Economía Nacional para el 2018».
- Sánchez, L. (2011). *Evaluación de Impacto Ambiental*. 53-73.
- Sorensen, J. C., & Moss, M. L. (1973). *Procedures and Programmes to Assist in the Environmental Impact State Ment Process*.
- Padilla Sánchez, Y. (2007). El desarrollo local y la medición de los indicadores de ciencia y tecnología. Resultado de investigación. Rodas. Programa GUCID. Universidad de Cienfuegos. Cuba.
- PCC. (2011). *Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*.
- PCC. (2017a). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030: Visión de la Nación, Ejes y Sectores Estratégicos*.
- PCC. (2017b). *Documentos del 7mo. Congreso del Partido aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo de 2017 y respaldados por la Asamblea Nacional del Poder Popular el 1 de junio de 2017 (Parte I)*. UEB Gráfica. Empresa de Periódicos.
- PCC. (2021). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021*. PCC.
- Pérez Figueredo, A. S. (2013). *Procedimiento para la incorporación de la gestión del riesgo ambiental en el Desarrollo Local desde el contexto cubano*. (Tesis de Doctorado) Camagüey, Cuba: Universidad de Camagüey
- Petracca, M. E (2017). *Fundamentos y cuantificación económica de la evaluación de impacto ambiental* (Tesis de Doctorado). Universidad Complutense de Madrid, España.
- Rozenblum, C. (2014). Una aproximación a la complejidad del territorio. Aportes metodológicos para el análisis y la evaluación de procesos de Desarrollo Territorial (Primera). INTA.
- Ruíz Domínguez, R. G. (2021). *Evaluación del Impacto Territorial de los Proyectos de Desarrollo Local de tipo económico en la provincia Cienfuegos* (Tesis de Doctorado). Cienfuegos, Cuba: Universidad de Matanzas.
- Vázquez-Barquero, A. (2000). Desarrollo endógeno y globalización. *EURE*, XXVI, 79. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19607903>
- Vivas, A., Rodríguez, M. C., & Mendoza de Ferrer, E. (2010). Desarrollo endógeno Opción para el rearme humanizado del sistema productivo latinoamericano. *Contaduría y Administración*, 231, 9-31.
- Zabalza Bribián, I. (2011). *Adaptación de la metodología del análisis del ciclo de vida para la evaluación y la mejora del impacto energético y ambiental de la edificación en España* [De Doctorado]. Universidad Zaragoza.

## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ABONO ORGÁNICO Y MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DEL BONIATO (*IPOMEOA BATATAS*, (L.) LAM), EN SUELO PARDO CON CARBONATO TÍPICO

EFFECT OF THE APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZER AND EFFICIENT MICROORGANISMS, IN THE CULTIVATION OF SWEET POTATO (*IPOMEOA BATATAS*, (L.) LAM), IN BROWN SOIL WITH TYPICAL CARBONATE

Idalia Irene Terry Cogles<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1784-6155>

José Ramón 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>CUM Lajas. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Carlos Rafael Rodríguez

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Terry Cogles, I., Mesa Reinaldo, J. R. (2022). Efecto de la Aplicación de abono Orgánico y Microorganismos Eficientes, en el cultivo del Boniato (*ipomoea batatas*, (L.) lam), en Suelo Pardo con Carbonato Típico. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 77-87. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de alternativas orgánicas sobre el rendimiento del boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), clon INIVIT B-27-2017, se desarrolló este trabajo en la finca "La Tinaja", municipio Lajas, en el periodo de septiembre 2018-agosto 2019, sobre un suelo pardo con carbonato típico. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos, cinco réplicas y un área experimental de 562,50 m<sup>2</sup>. Se evalúan: Testigo, abono orgánico, fertilizantes químicos; ME-50 y la combinación ME-50-abono orgánico. Se valoran indicadores morfológicos y componentes del rendimiento en ambas campañas. Se obtienen valores de los indicadores morfológicos superiores al testigo en las alternativas evaluadas. Resulta el mejor, T5 (MO+ME-50), seguido por T2 (MO). Los componentes del rendimiento, en todos los tratamientos, superaron estadísticamente al testigo y los mejores resultados en frío, correspondieron a T2 (MO) y T4 (ME-50) y en primavera, a T3 (Fertilizantes químicos) y T4 (ME-50). Al determinar la viabilidad económica, todos los tratamientos generaron ganancias con relación al testigo y resulta el T4 (ME-50), el de mejor resultado en ambas campañas, con ganancias de 1049.01 Cup y 845.93 Cup sobre el testigo, lo que demuestra la factibilidad del empleo de las alternativas orgánicas evaluadas.

### Palabras claves:

Combinación, cultivo, experimento, factibilidad, rendimientos.

### ABSTRACT

With the objective of determining the effect of organic alternatives on the yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), clone INIVIT B-27-2017, this work was carried out in the "La Tinaja" farm, Lajas municipality, in the period from September 2018 to August 2019, on a brown soil with typical carbonate. A randomized block design was used, with five treatments, five replicates and an experimental area of 562.50 m<sup>2</sup>. They are evaluated: Witness, organic fertilizer, chemical fertilizers; ME-50 and the combination ME-50-organic fertilizer. Morphological indicators and yield components are valued in both campaigns. Values of the morphological indicators higher than the control are obtained in the evaluated alternatives. It turns out the best, T5 (MO+ME-50), followed by T2 (MO). Yield components, in all treatments, statistically exceeded the control and the best results in cold, corresponded to T2 (MO) and T4 (ME-50) and in spring, to T3 (Chemical fertilizers) and T4 (ME-50). When determining the economic viability, all treatments generated profits in relation to the control and T4 (ME-50) is the one with the best result in both campaigns, with profits of 1049.01 Cup and 845.93 Cup over the control, which demonstrates the feasibility of the use of the organic alternatives evaluated.

### Keywords:

Combination, cultivation, experiment, feasibility, yields.

## INTRODUCCIÓN

El boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), es originario de América y constituye el séptimo cultivo alimentario en orden de importancia a nivel mundial después del trigo, el arroz, el maíz, la papa, la cebada y la yuca. Según la Base de datos agrícolas de Cultivos y productos de ganadería de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), para el 2019, la producción total de boniato en el mundo excedió las 91 millones 470 mil toneladas, con un rendimiento de 12.38 t.ha<sup>-1</sup>, donde China resultó el mayor productor mundial con un rendimiento de 21,96 t.ha<sup>-1</sup> (FAO, 2019), mientras que Cuba según datos de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) alcanzó en ese periodo un rendimiento de 11,00 t.ha<sup>-1</sup> con una producción de 484 053 t, lo que constituye el 28,96 % del total de raíces y tubérculos producidos en el año (ONEI, 2020a p25), mientras que en el mismo periodo, en la provincia Cienfuegos, se obtuvo un rendimiento agrícola de 8,4 t.ha<sup>-1</sup> (ONEI, 2020b p25).

Los rendimientos promedios registrados oficialmente en Cuba son bajos, cuando se comparan con otros países y se atribuye esta situación a diferentes causas como la carencia de irrigación y fertilizantes, el uso de material de propagación con baja calidad, plantación deficiente; pérdidas por plagas como Tetuán del boniato (*Cylas formicarius* F) y Negrito de la batata (*Typophorus nigritus* Fabricius) e inadecuada cosecha entre otras causas (Rodríguez et al., 2015, p. 39).

El logro del desarrollo de la producción de boniato con bajos insumos, supone el análisis de varias alternativas que mejoren la eficiencia en la utilización de los fertilizantes y que a su vez constituyan tecnologías respetuosas del medioambiente como son los biofertilizantes, los bioestimuladores y el aporte de fuentes de abonos orgánicos. Otra de las tecnologías utilizadas en el manejo y conservación de los suelos en el mundo son los llamados Microorganismos eficientes (ME) o efectivos, como también se les llama, desarrollados por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformado esencialmente por cinco diferentes grupos microbianos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, actinomicetos y hongos de fermentación, los cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores (Morocho & Leyva, 2019, p. 3).

En el contexto de producción agrícola cubano sólo se protegen con fertilizantes minerales alrededor del 30 % de las áreas que se siembran de boniato por lo que INIVIT (2016) refiere, que cuando las cantidades de fertilizantes minerales de que se dispone, son insuficientes para satisfacer la demanda de este cultivo y brindarle una adecuada protección; es necesaria la utilización de fuentes alternativas que se combinan con los fertilizantes minerales como los abonos orgánicos que se deben aplicar a razón

de 0,5 kg.planta<sup>-1</sup> en el surco (15 t.ha<sup>-1</sup>). Pueden utilizarse diferentes fuentes como compost, humus de lombriz, cachaza, gallinaza u otras que se disponga (p. 5).

La Finca La Tinaja en el municipio de Santa Isabel de las Lajas, posee un suelo pardo con carbonato, con un potencial productivo bajo, por haberse dedicado durante muchos años a la explotación intensiva del cultivo de la caña de azúcar; el rendimiento del cultivo del boniato alcanza valores por debajo de 4,0 t.ha<sup>-1</sup>, incidiendo directamente las condiciones del suelo, la agrotecnia del cultivo y el manejo inadecuado de la nutrición, por no utilizarse alternativas orgánicas, que permitan elevar la productividad y el rendimiento, unido al desconocimiento de la utilización y aplicación eficiente de Abono orgánico y Microorganismos eficientes como vía para elevar los indicadores expuestos anteriormente (R. Molina, comunicación personal, 3 de diciembre de 2018), por lo que se trazó como objetivos de esta investigación, determinar el efecto de la aplicación de Abono orgánico y Microorganismos eficientes sobre el rendimiento del cultivo del boniato cultivar INIVIT B-27-2017 y validar la factibilidad económica de la propuesta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca La Tinaja del productor Raúl Molina Amoroso, socio de la Cooperativa de Créditos y Servicios “Beraldo Sánchez Martínez” en el Municipio de Santa Isabel de las Lajas, subordinada a la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), durante el periodo comprendido de septiembre 2018 a agosto del 2019.

La finca, está ubicada en el Consejo Popular Urbano Sur, en los 22° 24' 50" de latitud Norte y los 80° 17' 40" de longitud Oeste y cuenta con una superficie total de 6.10 ha y es atendida por la Empresa Agropecuaria Ramón Balboa, municipio Lajas, provincia Cienfuegos.

El experimento se repitió en cada campaña aplicando el marco de plantación establecido por INIVIT (2016) para el cultivo del boniato.

La plantación se realizó del 14 de febrero al 14 de mayo (campaña de frío) y del 25 de junio al 25 de noviembre (campaña de primavera) de 2019.

Como material de propagación se utilizaron esquejes de semilla certificada del nuevo cultivar INIVIT B-27 2017, procedentes del INIVIT, de los cuales se utilizó punta y prepunta del tallo rastrero, con una longitud entre los 0,25 m y 0,30 m, garantizando tuvieran entre 5 a 8 nudos y que el corte se realizara ligeramente por debajo de un nudo.

La desinfección del material de siembra se realizó con *Beauveria bassiana* (VAL.) al 5% (5 kg en 100 L de agua), sumergiendo los esquejes durante 5 minutos, como establece el Instructivo Técnico para las raíces, rizomas, tubérculos, plátanos y bananos (INIVIT, 2016, p. 16), la que se mantuvo en agitación constante, para que las

esporas del biopreparado no se concentren en los primeros mazos.

La plantación del cultivo y atenciones culturales hasta la cosecha se realizaron siguiendo las orientaciones del referido instructivo. Se utilizaron las distancias de 0.90 m x 0.23 m para la campaña de frío y 0.90 m x 0.30 m para la campaña de primavera. Se le realizaron al cultivo las restantes actividades previstas en el referido documento.

### Diseño experimental y manejo agronómico

Para el montaje del experimento se empleó un diseño experimental de Bloques al azar con cinco tratamientos y cinco replicas por tratamiento (Figura 1).

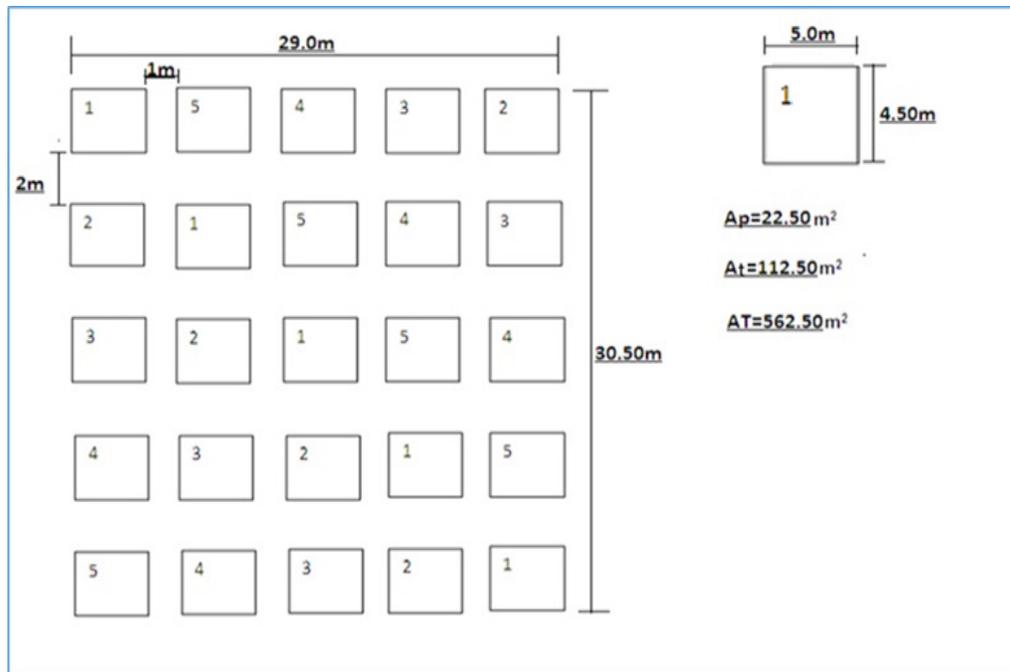


Figura 1. Croquis del experimento

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

1. Testigo (sin aplicación).
2. Abono orgánico.
3. Fertilizantes químicos.
4. Microorganismos eficientes (ME-50).
5. Abono orgánico (estiércol vacuno + Microorganismos eficientes).

Como fuente de abono orgánico se empleó estiércol vacuno, procedente de la finca, con un proceso previo de descomposición, a razón de  $0,5\text{ kg.planta}^{-1}$ , aplicado en el fondo del surco al momento de levantar el cantero.

Se montaron parcelas compuestas por cinco surcos de  $4,50\text{ m} \times 5,00\text{ m}$ , con un área experimental de  $22.50\text{ m}^2$  por parcelas y  $112.50\text{ m}^2$  por tratamiento para un área total del experimento de  $562.50\text{ m}^2$ .

Se evaluaron 10 plantas en los tres surcos centrales de cada parcela, para un total de 50 plantas por tratamiento, dejando los surcos exteriores y un metro en cada extremo de la parcela, como área de borde para evitar interacciones entre tratamientos.

Con el objetivo de poder comparar los resultados de las alternativas biológicas con la fertilización química, se introdujo un tratamiento con fertilizantes químicos, donde se realizó la formulación a partir de portadores de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , de acuerdo con las recomendaciones de fertilización del boniato, propuestas por INIVIT (2016, p. 9). Se aplicó una dosis de  $0,5\text{ t. ha}^{-1}$  después de la plantación, en bandas antes del cierre del campo, lográndose alcanzar una relación de 2:1:3 (N-  $\text{P}_2\text{O}_5$  -  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Como fuente de microorganismos eficientes, se utilizó ME-50, biopreparado producido y comercializado por el Grupo Empresarial de Producciones Biofarmacéuticas y Químicas (LABIOFAM), en dosis de  $10\text{ L.ha}^{-1}$ , por ser la recomendada para cultivos varios. Se realizaron al cultivo tres aplicaciones del biopreparado a partir del décimo día

de plantado, con una frecuencia semanal. El producto se aplicó con un pulverizador manual, con boquilla de cono hueco a presión constante en el horario comprendido entre las 6:00 y 7:00 pm, asperjándose el suelo alrededor de la planta con una solución final de 380 L.ha<sup>-1</sup>.

En cuanto a la combinación de Abono orgánico+ Microorganismos eficientes, se aplicaron 0.5 kg.planta<sup>-1</sup> de estiércol descompuesto y 10 L.ha<sup>-1</sup> de ME-50.

Las evaluaciones se realizaron en las 25 parcelas, tomando 10 plantas en los tres surcos centrales por cada parcela experimental, para un total de 250 plantas excluyéndose las tres primeras de cada extremo para descartar el error por efecto de borde; se basó en la toma de valores de las variables en diferentes momentos siendo recopilados los datos para ser posteriormente ingresadas en una base digital.

Se evaluaron los indicadores morfológicos siguientes:

- Porcentaje de brotación de los esquejes (%): Se contabilizó el número de plantas brotadas por parcela a los 15 días de la plantación y el valor fue expresado en porcentaje a partir del número de plantas iniciales.
- Longitud del tallo aéreo en (cm): Se midió la longitud de los esquejes a los 45 y 60 días, tomando como muestra 10 plantas por parcelas experimental para un total de 50 plantas por tratamiento, se utilizó como herramienta una cinta métrica y se midió desde la base del tallo hasta la yema terminal.
- Números de tallos por plantas (u): Se determinó tomando como muestra 10 plantas por parcelas experimental, realizando un conteo a todos los tallos brotados por plantas a los 45 y 60 días de plantados.
- Por ciento de masa verde del follaje (kg): Se tomaron muestras de follaje en un área de 0.90m x 0.46m y 0.90m x 0.60m al momento de la cosecha utilizando para ello una balanza digital certificada.
- Cobertura del campo por el follaje (días): Se realizó una observación visual, considerándose cerrada la parcela cuando el 75 % de esta se cubrió por el follaje.

Se evaluaron al momento de la cosecha en 10 plantas por tratamiento los siguientes componentes de rendimiento:

- Número de raíces tuberosas comerciales por planta (u): Se realizó al finalizar el ciclo productivo del cultivo, tomando como muestra 10 plantas, para un total de 50 plantas por tratamiento, realizando el conteo de la cantidad de raíces tuberosas totales y se le restó las raíces tuberosas no comerciales.
- Peso raíces tuberosas por plantas (kg): Se pesó el total de las raíces tuberosas en una balanza digital, a una muestra de 10 plantas por parcelas para un total de 50 plantas por tratamiento. (solamente las de valor comercial)

- Rendimiento (t. ha<sup>-1</sup>): Se obtuvo en base al peso total de las raíces tuberosas comerciales por parcelas experimental entre el área de la parcela.

Se evaluó la factibilidad económica del efecto de las alternativas orgánicas en las parcelas.

Para ello se determinó el costo de producción y los ingresos dados por el valor de la producción en cada tratamiento del experimento.

- Para el cálculo de la relación costo-beneficio y la rentabilidad se utilizaron las fórmulas:

Relación Costo / Beneficio=x 100

Rentabilidad= x 100

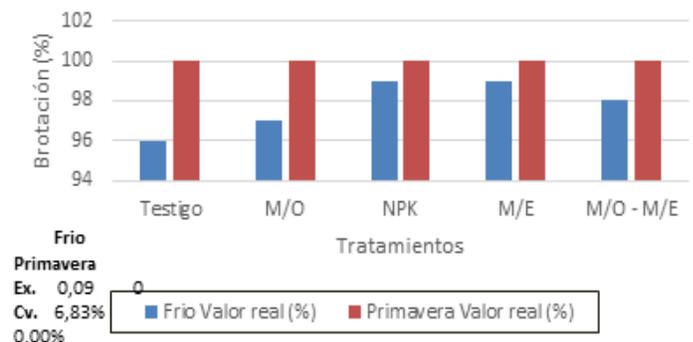
Para el procesamiento estadístico de los datos, se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI. II, versión 16.02.0004. Se realizó el análisis de los datos, considerando como efectos principales los tratamientos, las réplicas de los bloques al azar y las épocas, además de las interacciones entre tratamientos y épocas, para un nivel de significación P < 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Indicadores morfológicos

#### Porcentaje de brotación de los esquejes

Al analizar el efecto de las alternativas de nutrición en estudio sobre el porcentaje de brotación (figura 2), se observó que para el cultivo del boniato, no existen diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos en ambas campañas y que los mayores valores, corresponden a la campaña de primavera con 100 %de brotación a los 15 días de plantados, lo cual, a criterio de la autora, es atribuido a los elevados niveles de precipitación existente en la etapa, los que propiciaron la germinación de todos los esquejes plantados. No obstante, en la campaña de frío, se alcanzan niveles de brotación que se pueden considerar de muy satisfactorios, con valores superiores al 97 % en todas las alternativas evaluadas.



Letras desiguales representan diferencias significativas (P<0,05) según dócima de Tukey

Figura 2. Efecto sobre el porcentaje de brotación (%) en ambas campañas

Estos resultados superan para la época de frío, lo reportado por Quispe (2017), al estudiar la adaptación y rendimiento de 20 clones de boniato de doble propósito en el ecosistema de Bosque Seco, Piura, el que alcanza 91,53 % de esquejes prendidos en promedio para todo el ensayo sin diferencias estadísticas y considera que estos valores revelan un buen estado inicial de plantas.

Simó et al., (2018) al evaluar la efectividad de la aplicación de estiércol vacuno y cachaza, como alternativas de fertilización en la producción de material de plantación en el boniato, obtuvieron para el porcentaje de brotación de los esquejes, una respuesta positiva a la aplicación de abonos orgánicos en los dos clones estudiados, con diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con el testigo, sin diferencias significativas entre los dos tipos de abonos orgánicos, pero con resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Sobre la importancia de la brotación en boniato; Morales (2014) aseveró que su influencia en otros factores, es muy marcada, pues se ha demostrado que siempre que los valores alcanzados superan el 85 % de la población, posteriormente el rendimiento y sus componentes se compensan.

#### Longitud del tallo en cm

Al evaluar en ambas campañas los resultados obtenidos para la longitud del tallo a los 45 y 60 días de plantados (Tabla 1), se evidencia el desarrollo favorable de este indicador y que resulta el mejor en ambas, el tratamiento cinco (la combinación de abono orgánico y microorganismos eficientes) con diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) a los 60 días, sobre los restantes tratamientos, seguido en la época de frío por los tratamientos dos y tres, que a su vez, superan a los demás, mientras que para la época de primavera, se muestran también valores superiores con relación al tratamiento testigo en el tratamiento dos, el que a su vez supera a las restantes alternativas evaluadas, lo que pone de manifiesto, la importancia del empleo de fuentes de abonos orgánicos en el cultivo y demuestran la respuesta positiva ante la combinación de las alternativas orgánicas evaluadas.

Tabla 1. Efecto sobre la longitud del tallo (cm) en ambas campañas

Tratamientos	Campaña de Frío		Campaña de Primavera	
	45 días	60 días	45 días	60 días
T1. Testigo	66,30 c	73,66 d	77,26 d	83,96 c
T2. MO	79,64 a	87,14 b	84,02 b	90,02 b

Tabla 2. Efecto sobre el número de tallos por plantas en ambas campañas

Tratamientos	Campaña de Frío				Campaña de Primavera			
	45 días		60 días		45 días		60 días	
	Valor Real	Valor Tranf.	Valor Real	Valor Tranf.	Valor Real	Valor Tranf.	Valor Real	Valor Tranf.
T1. Testigo	4	1,88 d	5	2,32 e	4	1,96 d	5	2,24 d

T3. NPK	73,92 b	84,34 b	82,88 b	84,50 c
T4. ME	69,14 c	77,60 c	78,88 c	83,96 c
T5. MO - ME	81,04 a	94,62 a	92,82 a	95,82 a
Es $\pm$	1,3	1,33	0,78	0,76
Cv.	15,02%	14,23%	9,29%	8,07%

Nota. Letras desiguales representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según d $\acute{o}$ cima de Tukey

Resultados similares fueron alcanzados para la longitud de las guías por Hernández et al., (2018) al estudiar la respuesta agronómica de cuatro clones de boniato procedentes del INIVIT y la afectación por Tetuán del boniato en Pinar del Río, así como, por Osorio (2018) en la campaña de frío, al evaluar la respuesta productiva del cultivo del boniato al empleo de microorganismos eficientes y micorrizas, bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa agropecuaria Imías, donde obtuvo que todos los tratamientos evaluados poseen diferencias estadísticas significativas con el testigo, con destaque para la combinación Micorrizas-ME, lo cual atribuye a una mejor simbiosis entre las plantas y los microorganismos, tendencia que se mantiene hasta la última medición.

Coinciden también con los de Da Silva et al., (2021) al evaluar el efecto de la fertilización orgánica para introducir el cultivo de boniato, los que plantean además que los tallos bien desarrollados, aseguran la producción de plántulas para cultivos subsiguientes y son esenciales para la producción de foto asimilados en las plantas, lo cual resulta en incrementos mayores en el rendimiento y en el número de raíces.

Con relación al efecto que provocan los ME, Schlatter et al., (2017), plantean que los microorganismos asociados con la rizosfera de las plantas facilitan el crecimiento y desarrollo de estas y el funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas y las protegen de los agentes fitoparasíticos, lo que explica los resultados obtenidos en este trabajo con la combinación de MO-ME (T5).

#### Número de tallos por plantas (u)

Con relación al número de tallos por planta (Tabla 2), todos los tratamientos evaluados, superaron estadísticamente al testigo en ambas campañas, con diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) sobre él, y resulta el mejor, la combinación de MO-ME al presentar diferencias significativas sobre los restantes tratamientos evaluados en los dos periodos analizados, resultado que demuestra el efecto positivo de los ME sobre la materia orgánica, cuando son introducidos en el suelo, planteado anteriormente.

T2. MO	6	2,47 ab	7	2,59 b	5	2,22 c	5	2,24 c
T3. NPK	6	2,37 b	6	2,47 d	5	2,30 c	5	2,17 bc
T4. ME	4	2,07 c	6	2,50 c	5	2,19 b	5	2,10 b
T5. MO - ME	6	2,50 a	7	2,81 a	6	2,42 a	6	2,50 a
Es ±		0,04		0,02		0,02		0,02
Cv.		16,64%		9,52%		9,94%		9,61%

Nota. Letras desiguales representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según dócima de Tukey

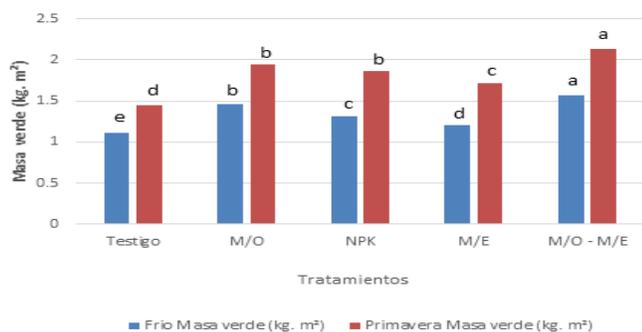
Estos resultados coinciden con los de Simó et al., (2018) al evaluar la efectividad de la aplicación de alternativas orgánicas de fertilización en la producción de material de plantación en el boniato, quienes obtuvieron para el número de tallos por planta, que las alternativas orgánicas evaluadas produjeron las mayores cantidades de esquejes y fueron significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) al resto de los tratamientos, mientras la variante que no recibió aplicación de abonos orgánicos, produjo la menor cantidad de tallos por planta.

Da Silva et al., (2021) al determinar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de boniato en suelos de la sabana de Roraima, Brasil, exponen como resultado que todos los tratamientos a base de fertilizantes orgánicos tuvieron un mayor efecto sobre la productividad de tallos que el testigo, lo cual refuerza la importancia de la fertilización orgánica para el boniato y los resultados de este trabajo.

Con relación al papel que ejercen los ME en el suelo, Morocho y Leyva (2019), resumen que provocan aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, lo que explica, los resultados obtenidos en este trabajo investigativo con la combinación MO-ME y con el tratamiento a base de ME.

### Masa verde del follaje (kg)

Al momento de la cosecha se tomaron muestras del follaje (Figura 3), dando como resultado en ambas campañas, la superioridad de la combinación de MO-ME (T5) con diferencias estadísticas significativas sobre los restantes tratamientos, seguido por el tratamiento a base de MO (T2). Otro resultado obtenido para ambas campañas, fue que todas las alternativas evaluadas superan al testigo con diferencias estadísticas significativas sobre él.



Nota: Letras desiguales representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según dócima de Tukey.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Masa verde del follaje (kg.m<sup>2</sup>)

Resultados similares fueron alcanzados por Da Silva et al., (2021) al determinar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de boniato en suelos de la sabana de Roraima, Brasil, los que exponen que todos los fertilizantes tuvieron un mayor efecto sobre la productividad de tallos que el testigo, lo cual refuerza la importancia de la fertilización orgánica para los camotes.

Morales (2014) señaló que en Cuba existe una tendencia a reducir las distancias de plantación en el cultivo del boniato por parte de los productores y esto trae como consecuencia muchas veces el fenómeno conocido como *vicío* y cita a Folquer (1978) que lo definió como el excesivo desarrollo vegetativo, acompañado de una disminución y, a veces casi la anulación de la tuberización, cuando existen más hojas por unidad de superficie y por ende, mayor desarrollo de las llamadas hojas inferiores (parasitas) que provocan el aumento de la respiración y la acumulación de CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono) en el suelo, intensificando la respiración de las raíces, consumiendo las reservas, impidiendo su acumulación, no permitiendo la formación de raíces tuberosas.

Al referirse al papel de la materia orgánica en el suelo, en Agro sitio (2019) se plantea, que hace posible la formación de complejos organo-metalicos, estabilizando así micronutrientes del suelo que de otro modo no serían aprovechables y que es una fuente de elementos nutritivos, que son aprovechables por las plantas después que la materia orgánica ha sido descompuesta por los microorganismos, lo que explica los resultados obtenidos con la combinación MO-ME y con el tratamiento a base de MO.

### Cobertura del campo por el follaje

En la cobertura del campo por el follaje (Tabla 3) para los tratamientos en estudio, se pudo apreciar que no existen diferencias entre los tratamientos y resulta el tratamiento cinco el primero en lograr el cierre del campo entre los 35 y 40 días en ambas campañas respectivamente, seguido por los tratamientos cuatro, tres y dos, siendo el Testigo el último en lograr el cierre del campo.

Teniendo en cuenta el comportamiento de las épocas, se pudo comprobar que la de primavera, logró que las parcelas cerraran primero, oscilando entre los 35 y 40 días,

con diferencias con respecto a la época de frío que fue entre los 40 y 50 días; influenciado por las altas temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y las características de este nuevo cultivar, su crecimiento rápido, el tipo de hoja y la elongación del tallo.

Tabla 3. Cobertura del campo por el follaje

Campaña de frío		Campaña de primavera	
Tratamientos	Días	Tratamientos	Días
Tratamiento 1	50	Tratamiento 1	40
Tratamiento 2	45	Tratamiento 2	36
Tratamiento 3	47	Tratamiento 3	36
Tratamiento 4	47	Tratamiento 4	36
Tratamiento 5	40	Tratamiento 5	35

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación

Estos resultados coinciden para las alternativas evaluadas, con los de Morales (2014) que obtuvo poca variabilidad en el cierre de campo comparando nueve clones, tanto en época de primavera como de frío, con medias de 36 y 45 días respectivamente.

Con relación a la cobertura del campo por el follaje, Simó et al., (2018) al estudiar la aplicación de abonos orgánicos en la producción de material de propagación en el cultivo del boniato, alcanzan la mejor respuesta en los cultivares estudiados con dos fuentes de materia orgánica sin diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre ellas y sí con el testigo y cita a Sotolongo (2012), que plantea que la cobertura del campo por el follaje, posee marcada influencia para evitar la aparición y desarrollo de arvenses, lo que reduce los costos y así contar con mayor producción de esquejes, es por ello que los productores de boniato prefieren una cobertura del campo más rápida lo que también garantiza un menor número de labores de cultivo, lo que coincidió con esta investigación.

### Componentes del rendimiento.

#### Número de raíces tuberosas por planta (u)

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis del número de tubérculos comerciales por planta. Se determinó que en la campaña de frío, los mejores resultados se alcanzan con los tratamientos tres y cuatro, con diferencias significativas sobre el testigo y la combinación de MO-ME, lo que parece indicar que se produjo un desbalance entre la producción de follaje (Figura 4) y la producción de tubérculos, lo cual debe ser estudiado para futuros trabajos sobre producción de masa verde para la alimentación animal o la producción de esquejes. En la campaña de primavera, los mejores resultados se alcanzan con los tratamientos cuatro y cinco, con diferencias estadísticas significativas con el testigo y los demás

tratamientos, lo que demuestra la importancia del empleo de los ME y su combinación con materiales orgánicos.

Tabla 4. Efecto sobre el número de raíces tuberosas comerciales por planta en ambas campañas

Tratamiento	Campaña de Frío		Campaña de Primavera	
	Valor Real	Valor Tranf.	Valor Real	Valor Tranf.
T1. Testigo	4,62	2,1446 d	3,34	1,8208 c
T2. MO	5,32	2,305 b	4,4	2,0904 b
T3. NPK	5,6	2,3644 a	4,18	2,0384 b
T4. ME	5,36	2,315 ab	5,14	2,263 a
T5. MO-ME	5,06	2,2466 c	4,96	2,222 a
Es ±		0,02		0,02
Cv.		7,04%		11,10%

Nota. Letras desiguales representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según dócima de Tukey

Estos resultados superan para el número de raíces comerciales del cultivar, en todos los tratamientos evaluados, lo reportado por Rodríguez et al., (2018), al realizar el reporte y descripción de INIVIT B\*27-2017 como nuevo cultivar de boniato Biofortificado en vitamina A, obtenido en el INIVIT.

Da Silva et al., (2021) al evaluar diferentes alternativas orgánicas de nutrición en boniato, obtuvieron un mayor efecto sobre el número de raíces comerciales que el testigo con diferencias estadísticas significativas sobre él, lo cual refuerza la importancia de la fertilización orgánica para el boniato y coincide con lo obtenido para ambas campañas en esta investigación.

#### Peso de las raíces tuberosas por planta (kg)

En cuanto al peso total de las raíces tuberosas por planta (Tabla 5), el tratamiento a base de microorganismos eficientes (T4), alcanzó los mejores resultados en ambas campañas, al presentar diferencias estadísticas significativas sobre los demás. Se obtiene también que todos los tratamientos evaluados, superan al testigo, con diferencias estadísticas significativas sobre él.

En el caso de la combinación MO-ME (T5), se obtienen los resultados más bajos entre todos los evaluados, lo cual a criterio de la autora, puede ser atribuido en ambas campañas, al efecto que se manifestó sobre el follaje, donde al parecer, el incremento de follaje (Figura 4), limitó el peso de los tubérculos, en correspondencia con los planteamientos de Morales (2014) al referirse al efecto que provoca el excesivo desarrollo vegetativo, sobre la tuberización, lo cual debe tenerse en cuenta para futuras investigaciones.

Tabla 5. Efecto sobre el peso total (kg) de las raíces tuberosas por planta en ambas campañas

Campaña de Frio		Campaña de Primavera
T1. Testigo	1,234 d	1,231 d
T2. MO	1,551 b	1,531 c
T3. NPK	1,421 c	1,639 b
T4. ME	1,603 a	1,803 a
T5.MO-ME	1,419 c	1,545 c
Es ±	0,01	0,02
Cv.	10,67%	14,73%

Nota: Letras desiguales presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según d'écima de Tukey

Estos resultados superan para el peso total por planta, en todos los tratamientos evaluados, los valores reportados por Rodríguez et al., (2018), al realizar el reporte y descripción de INIVIT B\*27-2017 como nuevo cultivar de boniato Biofortificado rico en vitamina A, obtenido en el INIVIT y difieren de lo planteado por Rodríguez et al., (2015) al evaluar ocho clones de boniato, los que exponen que en época de invierno, independientemente de los clones, se observa que el peso de raíces tuberosas por planta es superior al alcanzado en época de primavera, resultado que a criterio de los autores, se debe a las excelentes condiciones climáticas en que se desarrolló el experimento durante la campaña de primavera, al contar con un régimen de lluvia y temperaturas estable durante todo el ciclo, lo que facilitó una adecuada asimilación de los nutrientes por las plantas y propició un aumento de la producción, aspecto que debe ser objeto de futuras investigaciones, y explica los resultados obtenidos por los tratamientos tres y cuatro.

#### Rendimiento (t. ha<sup>-1</sup>)

Al analizar el rendimiento de los tratamientos evaluados (Tabla 6), se obtuvo en ambas campañas, que todas las alternativas evaluadas, superaron al testigo con diferencias estadísticas significativas sobre él para ( $P < 0,05$ ).

En la campaña de frío, los mejores resultados se obtienen con los tratamientos T2 (MO) y T4 (ME), que no difieren entre ellos, pero presentan diferencias estadísticas significativas con los restantes, mientras que en la campaña de primavera, resultan los mejores los tratamientos T3 (NPK) y T4 (ME), que superan a los demás, sin diferencias entre ellos; resultado que a criterio de la autora, se debe a las excelentes condiciones climáticas en que se desarrolló el experimento durante la campaña de primavera, al contar con un régimen de lluvia y temperaturas estable durante todo el ciclo, lo que facilitó una adecuada asimilación de los nutrientes inorgánicos utilizados en el tratamiento y un adecuado trabajo de los ME en el sistema suelo-planta en el tratamiento cuatro. Al respecto, Morales (2014), plantea que el boniato en las condiciones climáticas de Cuba, requiere de 480 a 780 mm de agua por ciclo productivo para dar rendimientos máximos, lo que coincide con la

lluvia reportada en esta investigación durante la campaña de primavera.

Tabla 6. Efecto sobre el rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>) en ambas campañas

Tratamientos	Campaña frío	Campaña primavera
	Rendimiento t.ha <sup>-1</sup>	Rendimiento t.ha <sup>-1</sup>
T 1. Testigo	27,85 c	26,00 c
T 2. MO	37,20 a	33,34 b
T 3. NPK	33,72 b	36,24 a
T 4. ME	41,63 a	36,99 a
T 5. MO - ME	32,83 b	33,61 b
Es. ±	0,001	0,036
Cv	15,91%	17,76%

Nota. Letras desiguales presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) según d'écima de Tukey

Estos resultados son inferiores a los valores reportados para el rendimiento del cultivar por Rodríguez et al., (2018), al realizar el reporte y descripción de INIVIT B\*27-2017, pero resultan muy superiores a los valores de 11,00 t.ha<sup>-1</sup> informados por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) en el Anuario Estadístico de Cuba 2019, para el cultivo del boniato (ONEI, 2020 a), así como, los reportados por la misma fuente para la provincia (ONEI, 2020 b). Superan también los valores informados en el 2019 para el mundo (12,38 t.ha<sup>-1</sup>) en la base de datos agrícolas de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en la serie Cultivos y productos de ganadería (FAOSTAT 2019) lo que demuestra la efectividad de todos los tratamientos evaluados y la pertinencia de esta investigación.

Similares resultados fueron obtenidos para los ME por Osorio (2018) al evaluar el efecto de la combinación de micorrizas y ME en el cultivo del boniato y los atribuye a la influencia de los microorganismos en los diferentes tratamientos provocando un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y en correspondencia una mayor productividad.

Este propio autor además apunta que, cuando se aplica materia orgánica en forma de estiércoles, se incrementa el pH, reduciéndose el efecto tóxico por excesos de elementos como el aluminio y el manganeso, y es posible que hasta se inhiba el crecimiento de algunos de los hongos del suelo que dañan las plantas, como *Rhizoctonia* y *Phytophthora*, entre otros, lo que explica en ambas campañas, los resultados obtenidos con los tratamientos a base de MO, ME y su combinación.

Los resultados obtenidos en esta investigación, difieren para los tratamientos tres (NPK) y cinco (MO-ME), de lo planteado por Rodríguez et al., (2015) los que exponen que, en época de invierno, independientemente de los clones, se observa que el peso de raíces tuberosas por planta es superior al alcanzado en época de primavera, y citan a Morales (2014), quien plantea que en el caso

del boniato los mayores rendimientos se alcanzan en la época de invierno, o seca, o poco lluviosa, pues temperaturas diurnas de 28 oC y nocturnas de 18 oC son las idóneas para alcanzar la máxima tuberización, condiciones que se logran entre noviembre y abril en el caso de Cuba.

A criterio de los autores de este trabajo, este resultado se debió en el caso del fertilizante inorgánico, a las aparentemente excelentes condiciones de humedad y clima existentes en la campaña de primavera en el experimento, señaladas anteriormente, lo que provocó el máximo aprovechamiento de los nutrientes aportados al cultivo, mientras que en el caso del tratamiento 5, los valores alcanzados para el rendimiento, se deben al desbalance que se provocó en el follaje, comentado anteriormente y expuesto en la figura 3, el cual va en detrimento de la tuberización de acuerdo a lo reportado por Morales (2014).

Es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la nutrición debido a una mejora en la adquisición de nutrientes. Es sabido que existen varios microorganismos que son responsables de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N<sub>2</sub> atmosférico, convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua (Aung et al., 2018).

Da Silva et al., (2021) al estudiar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de boniato en suelos de la sabana de Roraima, Brasil, determinaron que cada fertilizante orgánico utilizado, independientemente

de la dosis de aplicación, promueve porcentajes más altos de rendimiento comercial en comparación con la ausencia de fertilización orgánica.

#### *Factibilidad económica del efecto de las alternativas orgánicas empleadas*

Para el análisis de la factibilidad económica de los experimentos, se calculó el Costo de la producción para poder determinar a partir de los ingresos obtenidos la utilidad o ganancia por tratamiento para cada campaña, de acuerdo a las actividades realizadas; para ello fue necesario delimitar los diferentes momentos por los que transitó el experimento, de acuerdo a las peculiaridades del cultivo. En la Tabla 7, se resumen los resultados del análisis económico realizado en la campaña de frío, donde se puede observar que todas las alternativas orgánicas evaluados, alcanzan ganancias con relación al testigo, mientras que el tratamiento a base de fertilizantes químicos provoca pérdidas, y resulta el mejor en la campaña, el tratamiento cuatro (ME-50), con 1049,01 Cup de ganancias con relación al testigo, lo que demuestra la factibilidad del empleo de esta alternativa.

La relación costo beneficio más satisfactoria le correspondió al tratamiento cuatro, con un costo por peso de \$0.184, lo que significa que por cada \$1.00 de ingreso obtenido, se gastaron \$0.18, seguido por el tratamiento 2 que generó un costo por peso de \$0.196; los demás tratamientos no se recomiendan como alternativas por no existir viabilidad en la relación costo- beneficio.

Tabla 7. Cálculo de la utilidad Campaña de frío (Cup)

Campaña de Frío	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Ingresos Totales	2,420.19	3,231.96	2,930.15	3,616.91	2,852.75
Gastos Totales	518.27	633.77	1,273.60	665.98	574.85
Utilidad Neta	1,901.92	2,598.19	1,656.55	2,950.93	2,277.90
Utilidad vs Testigo	--	696,27	-245,37	1049,01	375,98
Relación Costo Beneficio Costo/Ingresos	\$0.214	\$0.196	\$0.435	\$0.184	\$0.202

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8, se presentan los resultados de la campaña de primavera, donde se muestra que todos los tratamientos evaluados, alcanzan ganancias con relación al testigo y resulta el mejor en la campaña, el tratamiento cuatro (ME-50), con 845,93 Cup de ganancias con respecto al testigo.

Estos resultados, unidos a los de la campaña de frío, validan la factibilidad del empleo de MO, ME y sus combinaciones, en la producción sostenible de boniato en Cienfuegos.

La relación costo beneficio más satisfactoria le correspondió al tratamiento cuatro (ME-50), con un costo por peso de \$0.194, lo cual significa que por cada \$1.00 de ingreso obtenido se gastó \$0.19, los tratamientos dos (MO) y cinco (MO-ME) representan alternativas a tener en cuenta en el momento de decidir cuál utilizar, pues el costo por peso de ambas es de \$0.205 para esta campaña. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cuanto a la relación costo beneficio no se recomiendan la implementación del tratamiento uno y tres (Fertilizante químico).

Tabla 8. Cálculo de la utilidad Campaña de primavera (Cup)

Campaña de Primavera	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Ingresos Totales	\$2,259.56	\$2,897.14	\$3,148.47	\$3,213.80	\$2,920.51
Gastos Totales	513.64	595.21	1309.3	621.96	598.21
Utilidad Neta	\$1,745.92	\$2,301.93	\$1,839.17	\$2,591.84	\$2,322.30
Utilidad vs Testigo	--	556,01	93,25	845,92	579,08
Relación Costo Beneficio Costo/ Ingresos	\$0.227	\$0.205	\$0.416	\$0.194	\$0.205

Fuente: Elaboración propia

Similares resultados fueron obtenidos por Osorio (2018) al evaluar la respuesta productiva del boniato al empleo de microorganismos eficientes y micorrizas bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa agropecuaria Imías, donde al realizar el análisis económico del trabajo, se obtuvo un resultado superior para todos los tratamientos evaluados comparado con el testigo, valores que resultan alentadores desde el punto de vista de la sustitución de insumos.

A criterio de los autores, estos resultados se deben, al efecto que provocan los ME cuando son introducidos en el sistema suelo-planta, reportado por numerosos autores consultados, entre los que se destacan: Schlatter et al., 2017, Aung et al., (2018), Morocho y Leyva (2019), cuyos resultados fueron comentados anteriormente.

Otro aspecto que resulta de interés en el cultivar evaluado y sus rendimientos, es que las raíces tuberosas de boniato de masa anaranjada contienen cantidades significativas de  $\beta$ -caroteno; aproximadamente el 90 % de los carotenoides en este cultivo son de este tipo. Al respecto, Rodríguez et al., (2018), plantean que actualmente existe una creciente demanda mundial de este tipo de boniato, debido a la efectividad para contrarrestar la deficiencia de vitamina A, la cual es una de las formas más dañinas de malnutrición en el mundo y el boniato de masa anaranjada ( $\beta$ -caroteno) es una fuente rentable de vitamina A. Por esta razón, en los últimos años el programa de mejoramiento genético de este cultivo en Cuba, ha tenido entre sus objetivos, la obtención de cultivares con este carácter y uno de ellos es el 'INIVIT B-27 2017', el cual posee un intenso color anaranjado en su masa, lo que refuerza la importancia de los resultados obtenidos en esta investigación, que son una opción más para ofrecer un producto con mayor valor nutricional a la población y apoyar su seguridad alimentaria.

## CONCLUSIONES

Al analizar los efectos de las alternativas de nutrición sobre los indicadores morfológicos en ambas campañas, se determinó que todos los tratamientos superaron estadísticamente al testigo, siendo los de mejores resultados el tratamiento T5 (la combinación MO+ME) seguido por

el T2 (MO) en la época de primavera lo que demuestra la viabilidad de las alternativas orgánicas empleadas.

En los resultados del efecto de las alternativas orgánicas sobre los componentes del rendimiento en la campaña de frío y primavera, todos los tratamientos superaron estadísticamente al testigo, los mejores resultados productivos en el nuevo cultivar "INIVIT B -27 -2017" le correspondieron a los tratamientos dos (MO) y cuatro (MO-ME) y tres (Fertilizante químico) y cuatro (ME) respectivamente demostrando la factibilidad de las alternativas empleadas.

Al determinar la viabilidad económica de las alternativas de nutrición en el cultivo del boniato, todos los tratamientos generaron ganancias sobre el testigo, siendo el tratamiento cuatro (ME) el de mejor resultado en las campañas de frío y primavera, con ganancias de (1049.00 Cup y 845.93 Cup) respectivamente, demostrando la factibilidad de las alternativas.

## RECOMENDACIONES

Evaluar agroquímicamente al suelo al concluir el experimento, para conocer si las utilidades de estas alternativas orgánicas mejoraron su composición.

Continuar los estudios de estas alternativas en otros cultivos en la finca.

Realizar capacitaciones a los productores del municipio acerca del empleo de estas alternativas orgánicas, que da solución al problema de la fertilización, más económica y no es agresiva para el medio ambiente.

Socializar los resultados de la presente investigación mediante eventos, publicaciones, y ponerlos en manos de decisores, productores y especialistas de la agricultura, para su generalización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aung, K., Jiang, Y., & S. Y. He, trads (2018). The role of water in plant microbe Interaction. *The Plant Journal*, 93: 771-780.

Agro sitio (2019), Beneficios de la materia organica en el suelo. <https://www.agrositio.com.ar/noticia/204377-beneficios-de-la-materia-organica-en-el-suelo>

- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información. ONEI (2020a, 14 de julio). Anuario Estadístico de Cuba 2019. <http://onei.gob.cu/sites/default/files/agropecuario2020p-df.ONEI.C>
- Cuba. Oficina Nacional de la Estadística e Información. ONEI (2020b, 20 de diciembre) Anuario Estadístico Provincia Cienfuegos 2019. [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario\\_est\\_provincial/00\\_anuario\\_estadistico\\_de\\_cienfuegos\\_2019\\_.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/00_anuario_estadistico_de_cienfuegos_2019_.pdf)
- Da Silva Días, E., López Monteiro Neto, J. L., Dresch, B. L., Oliveira Rodríguez, R., Farías Araujo, W., Alves Chagas, E., da Silva Maia, S., da Silva Siqueira, R. H., Cardoso Chagas, P., Tadashi Sakazaki., Soares-da Silva, E., Alves de Albuquerque. de A., & Abanto-Rodríguez. (2021). Fertilización orgánica para introducir el cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L.) en suelos de la sabana. *Rev. Chapingo Ser. Hortic* vol.27 no.1 Chapingo ene./abr. 2021 E pub 23-Abr-2021 <https://doi.org/10.5154/rchsh.2020.05.011>
- FAOSTAT. (2019). Organización para la Agricultura y la Alimentación Base de datos agrícolas. Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Hernández G, L., Santana Baños, Y., Carrodegas Díaz, M., del Busto Concepción, A., Dovalés Hernández, A., Lugo, B., Pita Hernández, A., & Hernández G. (2018). Respuesta agronómica de clones de boniato y afectación por Tetuán del boniato en Pinar del Río. *Centro Agrícola*, vol.45 no.4 Santa Clara oct.-dez. 2018 [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025357852018000400091&lng=pt&nrm=iso&tln-g=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852018000400091&lng=pt&nrm=iso&tln-g=es)
- Instituto de investigación de viandas tropicales. (2016). Instructivo Técnico para las raíces, rizomas, tubérculos, plátanos y bananos. Ministerio de la agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Morales, A.T. (2014). Mejoramiento Genético del Boniato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) en Cuba. Curso Internacional en La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). [http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/916Mejoramiento\\_genetico\\_COL.pdf](http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/916Mejoramiento_genetico_COL.pdf)
- Morocho, M.T. & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas 45(49),93-103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>
- Osorio, J. (2018). Respuesta productiva del cultivo del boniato (*Ipomoea batata* L.) al empleo de Microorganismo eficientes y Micorrizas bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Agropecuaria Imías. *Revista digital de Medio Ambiente "Ojeando la agenda"* No 56. ISSN 1989-6794, <https://ojeandolaagenda.com/2018/11/28/respuesta-productiva-del-cultivo-del-boniato-ipo-moea-batata-l-al-empleo-de-microorganismos-eficientes-y-micorrizas-bajo-las-condiciones-edafoclimaticas-de-la-empresa-agropecuaria-imias/>
- Quispe, A. (2017). Adaptación y rendimiento de 20 clones de camote (*Ipomoea batatas* L.) de doble propósito en el ecosistema de Bosque Seco, Piura. *Ciencia y Desarrollo* 20 (1): 15-48 enero-junio 2017. Universidad Alas Peruanas. <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/indexhttp://dx.doi.org/10.21503/cyd.v20i1.1407>
- Rodríguez, D., Morales, A. y Morales, A. (2015). Evaluación de ocho nuevos clones de boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) Agrisost Año 2015, Vol.21, No.3. ISSN 1025-0247. <http://www.agrisost.reduc.edu.cu>
- Rodríguez, D., Morales, A. y Morales, A. y Rodríguez, S. J. (2018). Reporte de nuevo cultivar. 'INIVIT B-27-2017': Nuevo cultivar de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) LAM.) Biofortificado rico en vitamina A. *Cultivos Tropicales*, vol. 39, no. 2, ISSN impreso: 0258-5936. ISSN digital: 1819-4087 <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Paulitz, T. (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297.
- Simó González, J. E., Espinosa Cuéllar, E., Espinosa Cuéllar, A., Manuel de Almeida, F., & Rivera Espinosa, R. (2018). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de material de propagación en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Rev. Agricultura Tropical* Vol. 4 No. 2:10-21, 2018 ISSN on line: 2517-9292

## OSMODESHIDRATACIÓN DE FRUTOS DE PIÑA EN DIFERENTES SOLUCIONES DE SACAROSA

OSMODESHIDRATACIÓN OF PINEAPPLE FRUITS IN DIFFERENT SACAROSA SOLUTIONS

Damarys Pérez Luna

Email: [damaryspl@unica.cu](mailto:damaryspl@unica.cu)

ORCID: <http://orcid.org.0000-0002-7111-5281>

Rosa María Cepero Olivera

Email: [rosaco@unica.cu](mailto:rosaco@unica.cu)

ORCID: <http://orcid.org.0000-0002-4272-4707>

Universidad de Ciego de Ávila, "Máximo Gómez Báez". Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez Luna, D., Cepero Olivera, R. M. (2022). Osmodeshidratación de Frutos de Piña en diferentes Soluciones de Sacarosa. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 88-93. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

La gran demanda por parte del mercado y disponibilidad de los productos de alta calidad, prontos para el uso fresco y que contengan solo ingredientes naturales, inducen a utilizar métodos conservación económicos y amigables con el medio ambiente. En este trabajo se evaluó el comportamiento de rodajas de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) sometidas a un proceso de osmodeshidratación usando como agente edulcorante sacarosa a 25, 50 y 75° Brix por 5, 10, 15 y 20 horas de inmersión a una temperatura de 20 °C. Los resultados demostraron que de los tres jarabes utilizados el de 50 °Brix presentó en su combinación con el índice de aceptación la mejor variante a utilizar. Para pasar a la fase de secado, los análisis cinéticos indicaron que la máxima transferencia de masa ocurre en las primeras cinco horas del proceso y la máxima pérdida de agua del producto fue de (21.14%) con un contenido de humedad final en los frutos osmodeshidratados de (74.86%). Las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente con mayor concentración de sacarosa tienen una cinética de deshidratación más rápida con respecto a las de menor concentración.

Palabras clave:

Osmodeshidratación, agentes edulcorantes, sacarosa.

### ABSTRACT

The high demand on the part of the market and the availability of high-quality products, the terms of outdoor use and the content of natural ingredients, induce the media to communicate with the environment. In this work we evaluated the behavior of the pineapple slices (*Ananas comosus* (L.) Merr) sometimes an osmodeshidratación process using sucrose sweetener at 25, 50 and 75° Brix for 5, 10, 15 and 20 hours of immersion a A temperature of 20 °C. The results showed that the three syrups used the 50 ° brix the result of its combination with the acceptance index the best variant to use to pass the drying phase, the kinetic analyzes indicated the maximum mass transfer occurs in the first five hours of process and the maximum loss of water product was (21.14%) with a final moisture content in the osmodeshidratados fruits of (74.86%). Osmotically dehydrated pineapple slices with a higher concentration of sucrose have faster dehydration kinetics than those of lower concentration.

Key words:

Osmdehydration, sweetening agents, sucrose.

## INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) se integra en el grupo de las monocotiledóneas y pertenece a la familia *Bromeliaceae*, es una fruta sabor agradable, dulce y ligeramente ácido de color amarillo. La piña es una planta de origen tropical, la cual puede desarrollarse muy bien a pleno sol o bajo una suave sombra (Carrillo-Carrillo, 2020, pp. 145).

En tiempos remotos el hombre consumía en pocas horas los productos que obtenía de la tierra, sin embargo, en la medida en que la producción agrícola creció se hizo necesario desarrollar una serie de métodos que le permitiera almacenar los excedentes que no eran consumidos de inmediato (Carrillo-Carrillo, 2020, pp. 145).

La osmodeshidratación es un proceso utilizado comúnmente en métodos combinados de conservación y/o en la preparación de alimentos funcionales, permitiendo la incorporación de componentes que incrementan el valor nutricional de frutas o alimentos en general (Flor García, H., et. al. 2018, pp. 350).

La deshidratación extiende la vida útil de los alimentos obteniendo productos con mayor valor agregado. Esto permite disponer de frutas y hortalizas durante todo el año y evita la pérdida de los excedentes de producción y consumo. Asimismo, favorece a los micros emprendimientos familiares y las economías regionales (Cedeño, 2017, pp. 15).

Dentro de los métodos de conservación, la técnica de deshidratación de frutas con mayor proyección, se encuentra la deshidratación osmótica, la cual consiste en sumergir trozos en una solución hipertónica (solución osmótica) compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, con una doble transferencia de masa (agua de la fruta a la solución y solutos de la solución a la fruta). (Estrada, et. al. 2018. pp.18).

La deshidratación Osmótica se emplea como pretratamiento para mejorar las características nutricionales y sensoriales sin modificar la integridad del alimento la estructura natural del tejido y sin ocasionar una disminución en la pérdida de peso y ganancia de sólidos (Manuel, 2020, pp. 17).

Los métodos tradicionales de deshidratación se estén cambiando o combinando por técnicas menos costosas, aprovechando al máximo los recursos ambientales, como la utilización de la energía solar siendo está más viable (Mendoza, J. L., et. al. 2018, pp. 68), Lo cual resulta el problema de nuestra investigación, Por lo que se diseñó como objetivo general. Establecer una técnica para la osmodeshidratación en frutos de piña en diferentes soluciones de sacarosa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Caracterización bromatológica cuantitativa y cualitativa de la materia prima*

Se seleccionaron 20 frutos de piña cultivar Cayena lisa de un área comercial de la ciudad de Ciego de Ávila, libres

de daños mecánicos y plagas. Los frutos inicialmente fueron lavados con detergente comercial y enjuagados con agua potable, seguidamente sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio a (300 mg/L<sup>-1</sup>), (Mendoza, J. L., et. al., 2018, pp. 95), Posteriormente cada piña fue pelada descorazonada y lasqueada a un tamaño para la muestra de 8mm, utilizando un cuchillo de acero inoxidable y estéril. (Figura 1).



Leyenda: Fruto de piña (A), pelado, descorazonado, y troceado de los frutos de piña (B).

Figura 1. Selección, pelado, descorazonado y troceado del Fruto

La caracterización bromatológica cuantitativa de los frutos se realizó determinando el porcentaje de pulpa, corazón y corteza mediante una balanza técnica (SHUANGQUAN MP-120g/0.001g) tomando como base la masa unitaria del fruto de un 100% según (Cedeño, 2017, pp. 27-29).

Una vez determinados los indicadores bromatológicos cuantitativos se procedió a la caracterización bromatológica cualitativa de forma triplicada, tomando 100g de muestra de rodajas de la parte superior central y basal de la fruta; homogenizándola en una licuadora (Vinsen) durante tres minutos. Posteriormente, se procedió a la determinación de los sólidos solubles por refractometría, mediante un refractómetro Abbe, según Normas técnicas Cubanas 77-22-4 (1982), pH mediante un potenciómetro Coleman modelo 39 previamente calibrado según Normas técnicas Cubanas 77-22-1 (2013), Vitamina C (mg/ 100g de masa fresca) por titulación con NaOH (0.1 N) con indicador fenolftaleína según Normas técnicas Cubanas 77-22-16 (1982), el índice de madurez calculado por la relación °Brix /acidez titulable (Flor García, H., et. al. 2018, pp. 352-353).

### *Deshidratación osmótica*

Para la osmodeshidratación de las rodajas de piña se dispuso de sacarosa comercial de grado alimentario teniendo en cuenta lo planteado por (Estrada, H., et. al., 2018, pp. 198-199). Donde fundamentó el efecto de diferentes concentraciones de glucosa en el jarabe.

### *Preparación de los jarabes*

Se empleó un jarabe de sacarosa, preparado mediante una mezcla de azúcar en grado comercial y agua destilada y calentada a 40°C hasta alcanzar una concentración de 25, 50 y 75°Brix. A estos jarabes se les adicionó como preservante natural jugo de limón al 1%. Según (Palacios, 2015).

### Inmersión de la fruta en el jarabe

Una vez troceadas las frutas, se pesaron muestras de 100 g, y se sumergieron en los jarabes (figura 2), en una relación jarabe/fruta de 3/1 a temperatura ambiente de (20°C), durante 20 horas, teniendo en cuenta los criterios aportados por (Silva, Fernández, & Mauro, 2014), los que plantean que la piña no se deshidrata a altos niveles de edulcorantes en tratamientos de tiempos cortos.

Se procedió a realizar las pesadas de las rodajas de piña, empleando una balanza de sensibilidad 0,01 g, con un intervalo de 5, 10, 15 y 20 horas.

La pérdida de masa de las frutas en el proceso de osmo-deshidratación se determinó según lo recomendado por (Cedeño, 2017, pp. 31). a partir de la ecuación 1.

$$PPF_t = \frac{(P_0 - P_t)}{P_0 \times 100 \text{ g}}$$

**Ecuación.1:** Pérdida de masa de la piña osmodeshidratada  
**DONDE:**

**PPF<sub>t</sub>**= Pérdida de masa en la fruta, transcurrido el tiempo de ósmosis, g/100 g de fruta inicial.



Figura 2. Rodajas de piña sumergidas en los diferentes jarabes para la osmodeshidratación osmótica

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Caracterización bromatológica cuantitativa de la materia prima

Los porcentajes de las diferentes partes de la fruta utilizada en el proceso se muestran en la (figura 3). La masa con un 54,20 % represento la mayor parte a utilizar del fruto estando entre los rangos planteados por (Cedeño, 2017, pp. 27-29). El cual señala que el porcentaje de rendimiento de la piña lista para procesar con respecto a la piña entera, está entre un 45% a un 55%.

A medida que el fruto es más pequeño, los porcentajes de masa comestible disminuyen. (Millar-Wat, 2012, pp. 17). Indicaron la diferencia en el porcentaje de masa comestible entre los cultivares Cayena lisa y española roja siendo superior la Cayena lisa y española roja siendo superior la Cayena lisa.

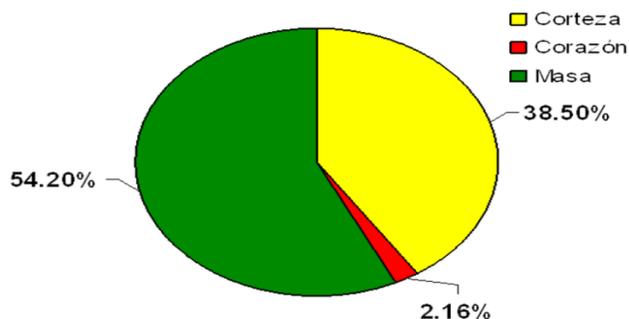


Figura 3. Porcentajes de las diferentes partes del Fruto

La masa no comestible o útil para la tecnología empleada (corazón + corteza), representó un 40,66 % por lo que se hace necesario buscar alternativas que den un uso productivo a esta parte del fruto, entre los que puede señalarse la producción de mermeladas, vinagre, vino, pienso para el ganado, entre otros.

El análisis del tamaño de las frutas utilizadas para el proceso de deshidratación es importante, a medida que estas sean más pequeñas, el costo del producto se incrementará al necesitar más mano de obra en el proceso de pelado y el rendimiento de la pulpa será más bajo. Mendoza, J. A. et. al, 2017, pp.4).

### Caracterización bromatológica cualitativa del fruto

La tabla 1 muestra los resultados del análisis químico de la materia prima a utilizar lo cual permite considerar a la piña utilizada como una fruta de humedad alta (80 %), alta acidez (pH=3.5) un índice de madurez (medio) y un nivel de vitamina C (alto), características estas que indican la posible obtención de un producto deshidratado con tendencia a lo ácido, al respecto (Flor García, H., et. al. 2018, pp.350), planteó la importancia de la caracterización de la materia prima en función de la calidad final deseada, donde la utilización de frutos con una adecuada madurez propicia la obtención de un producto deshidratado con sabor agridulce y un color amarillo intenso, mientras que la deshidratación de piñas ácidas o inmaduras darán un producto más ácido.

Tabla 1. Índices bromatológicos cualitativos de los frutos a utilizar en el proceso

Caracterización bromatológica cualitativa del fruto	Índices
Humedad (%)	84
Sólidos Solubles totales (SST) (%)	10,6
Acidez (%)	2,25
Índice de Madurez (IM)	3.85
pH	3.5
Vitamina C (mg/ g fruto)	12.60

La alta humedad de los frutos de piña utilizados de un 80%, unido al aporte nutricional, lo caracterizan como un buen substrato para el crecimiento microbiano, al respecto (Godoy, Y. P. et. al.,2017, pp. 39-50). Plantea que la Actividad de agua (**Aw**), a valores superiores de 0,98, la

mayoría de los microorganismos encuentran condiciones óptimas de desarrollo. Por debajo de 0,87, se inhibe el desarrollo bacteriano y de la gran parte de las levaduras y únicamente los mohos pueden proliferar. Las frutas al tener una actividad de agua superior a 0,97, manifiestan una corta vida útil, siendo imprescindible para cualquier proceso de conservación la caracterización inicial de la materia prima.

#### Deshidratación Osmótica

La (figura 4), muestra la pérdida de masa de las rodajas de piña en las diferentes concentraciones osmóticas con respecto al tiempo de inmersión a temperatura ambiente.

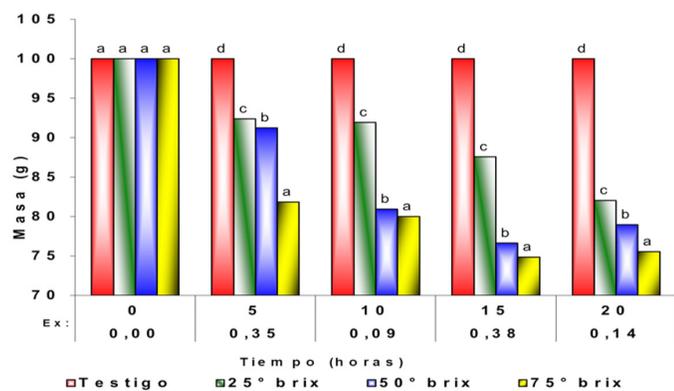


Figura 4. Pérdida de masa en rodajas de piña durante la deshidratación osmótica. Letras diferentes difieren significativamente según Newman Keuls para ( $p < 0.05$ ) Para cada momento

Durante las primeras cinco horas las rodajas de piña sumergidas en la solución de mayor concentración (75° brix) disminuyeron rápidamente su masa con respecto a las demás soluciones, esto es posible a la fuerza que ejerce la solución osmódeshidratada en función de su concentración y particularidades del agente edulcorante, favoreciendo al entrar en contacto los dos sistemas la ocurrencia de un rápido flujo de agua a través de las membranas en busca de un equilibrio. Estos resultados destacan las características que posee este tipo de proceso al presentar una primera fase con una velocidad alta de transferencia, que corresponde a la salida del agua desde las células superficiales que se encuentran en contacto con la solución osmótica. (Palacios, 2015).

Después de las 15 horas de deshidratación osmótica las rodajas de piña sumergidas a las mayores concentraciones mostraron una ligera tendencia al incremento en masa esto es posible a la salida del agua con el ingreso de sólidos y a la formación de una capa superficial en la fruta. Resultados similares fueron obtenidos por, (Fernández, P. et. al., 2017, pp.21-27), al deshidratar osmóticamente piña en soluciones de sacarosa con concentraciones superiores a 70 °Brix, donde puede haber una precipitación de la solución y formar una capa superficial en la fruta, desfavoreciendo la pérdida de agua y por consecuencia, la disminución de la deshidratación.

El uso de soluciones altamente concentradas favorables a que ocurra una mayor pérdida de agua, puede reducir la ganancia de sólidos, probablemente debido a una capa de azúcar que se puede formar en la periferia de las piezas del fruto como una barrera. Sin embargo (Panagiotou, Karathanos, & Maroulis, 1999, pp.175-189), argumentaron que, a medida, que se incrementó la concentración del agente osmótico durante la deshidratación de banana, manzana y kiwi se acentuó la ganancia de sólidos.

La solución de menor concentración (25° °Brix) manifestó el menor valor de pérdida de masa, por consiguiente, los resultados más bajos en cuanto a la deshidratación de las rodajas de piña, debido a la baja presión osmótica creada en esta solución con respecto a las demás.

Al someter frutos de fresas enteras (var. *camarosa*) a deshidratación osmótica determinaron que este proceso estaba influenciado por la concentración de la solución osmótica y la temperatura utilizada. La mayor disminución de peso ocurrió durante las doce primeras horas, no existiendo diferencias significativas entre la piña madura y la piña pintona osmódeshidratada en jarabe invertido de 70 °Brix con flujo continuo.

Al tener en cuenta el tiempo de deshidratación se analizaron los efectos de la temperatura y presión en la velocidad de transferencia de masa durante la deshidratación osmótica al vacío de rodajas de piña obteniendo que el contenido de humedad de la piña fresca fue del 84.1% llegando al 55% a las cuatro horas de operación trabajando al vacío. Mientras que (Alvares, C. Fernando, C. & María, G. 2016, pp.282-285). encontraron que el equilibrio en las ganancias de sólidos solubles y pérdida de agua se alcanzó aproximadamente entre las 75 y 144 horas, valores estos superiores a los estudiados en esta investigación al evaluarse en otras condiciones climáticas y agro productivas.

#### Concentración de sólidos solubles (°Brix) al final del proceso

La tabla 2. Muestra el comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) en las soluciones empleadas después de transcurrido 20 horas, donde se indica el efecto que tienen las diferentes soluciones sobre la concentración de sólidos solubles totales expresados en % (°Brix).

Tabla 2. Concentración de sólidos solubles de la solución al inicio y final del proceso de osmódeshidratación. (Letras diferentes difieren significativamente según la prueba de Student Newman Keuls para ( $p < 0.05$ ))

(°Brix) de las soluciones al inicio	(°Brix) de las soluciones a las 20 horas	Diferencia entre los grados (°Brix) inicial y Final.
Sacarosa 25 (°Brix)	23 c	2 c
Sacarosa 50 (°Brix)	29.5 b	20.5 b
Sacarosa 75 (°Brix)	45.5 a	29.5 a

Todos los valores disminuyen independientemente de la concentración lo cual se debe a la incorporación de agua desde las frutas al medio, en consecuencia, un porcentaje de pérdida de masa (agua) en los frutos inmersos en la solución. La solución de sacarosa a 75 (°Brix), mostró un decremento mayor en los (°Brix) con respecto a la solución de 25 (°Brix), indicando que las soluciones de mayor concentración posibilitan una incorporación mayor de agua al medio con respecto a las que tienen menor concentración.

Este comportamiento se debe a la cantidad de agua eliminada durante el proceso que es proporcional a la cantidad de sólidos que entran a la fruta y lo que depende también del tipo de agente osmoregulador utilizado. Resultados similares fueron obtenidos por, (Correa, J, L. et. al., 2017, pp.41), al plantear que el contenido de sólidos solubles (°Brix) disminuyó en función del tiempo en el jarabe, mientras que el contenido de sólidos solubles aumentó en cilindros de mango deshidratados osmóticamente en soluciones de glucosa.

**La figura 5.** Muestra el índice de aceptación general establecido por los jueces, donde no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ensayados encontrándose los valores de aceptabilidad según la escala hedónica establecida en la puntuación verbal <<me gusta moderadamente >> correspondiente en la escala hedónica a un puntaje de 7, <<me gusta levemente >> correspondiente en la escala hedónica a un puntaje de 6 y <<me es indiferente >> correspondiente en la escala hedónica a un puntaje de 5. Sin embargo, para corroborar lo obtenido por el panel sensorial y considerar el producto como satisfactorio, se realizó una prueba de hipótesis indicando que  $H_0: X = 7$   $H_1: X < 7$  quedando la solución de sacarosa a 50 °Brix con un índice de aceptación de 7 estadísticamente aceptable y competente para pasar a la fase de secado.

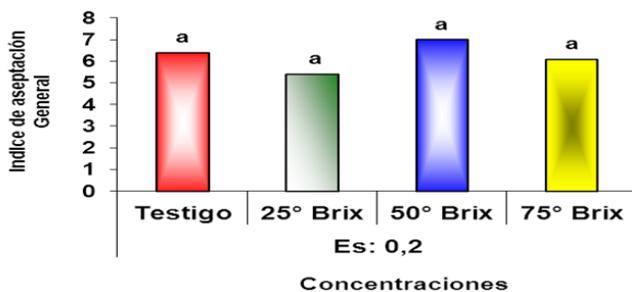


Figura 5. Prueba sensorial del índice de aceptación general con los agentes edulcorantes empleados para la deshidratación osmótica de rodajas de piña. Letras diferentes difieren significativamente según Newman Keuls ( $p < 0.05$ )

Los resultados antes expuestos reafirman la importancia del uso de la sacarosa para el proceso de deshidratación considerándose la más utilizada debido a su eficacia, conveniencia, sabor agradable y además se considera un

inhibidor eficaz de la polifenoloxidasa, evitando la pérdida de sabores volátiles, siendo a su vez la mayoría de las membranas celulares permeables a ella (Cano-Lamadrid, M., et. al. 2017, pp.232), aspecto este que de forma general permitió la obtención de los resultados analizados, recomendándose el uso de la solución de 50 (°Brix) en un tiempo de 15 horas al presentar en su combinación con el índice de aceptación la mejor variante a utilizar, teniendo en cuenta que a las 20 horas ocurrió un ligero incremento en la masa en las soluciones más concentradas y el índice de aceptación por parte de los jueces fue numéricamente superior en la solución de 50 (°Brix), proponiéndose pasar para la fase de secado. (Cristhian, & Mina 2021, pp. 32-33), plantearon la pérdida de firmeza o textura por efecto de las temperaturas utilizadas en la deshidratación osmótica de piñas a regímenes de presión siendo compensado en parte por la compactación del tejido que produce la pérdida de agua.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se propone una Técnica para la obtención de piña osmodeshidratada lo cual permite aportar una alternativa con ahorro energético (figura 6).

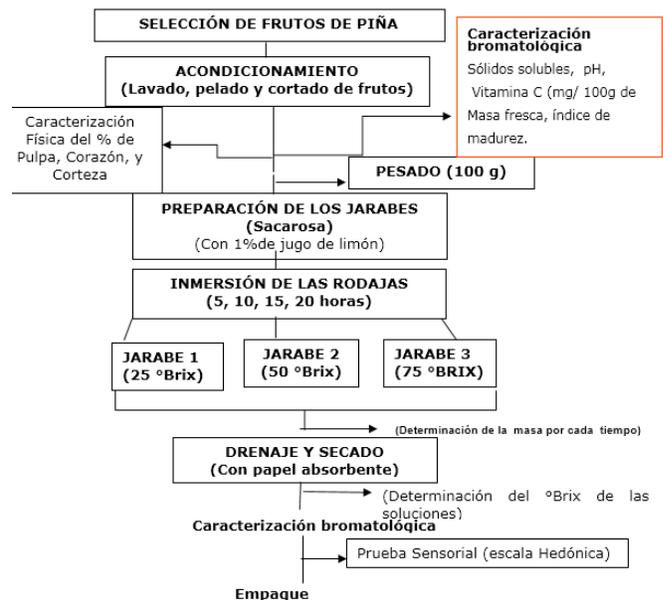


Figura 6. Técnica del proceso de osmodeshidratación en rodajas de piña (Ananás comosus L.(mer)

## CONCLUSIONES

Los indicadores bromatológicos cualitativos fueron favorecidos exceptuando la vitamina C.

Se obtienen los mejores resultados de las rodajas de piña deshidratadas por osmosis a las 15 horas utilizado la sacarosa a 50 °Brix. Se obtiene una Técnica de deshidratación de rodajas de piña osmodeshidratada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvares, C. Fernando, C. C., & María, G. (2016). Efecto del pre tratamiento de Deshidratación osmótica en piña (*Ananas comosus*) variedad Cayena lise) en la cinética de Secado utilizando un secador de bandejas con corriente de aire», Editorial. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería.326: p.282-285
- Cano-Lamadrid, M. Lech, K., Michalska, A. Wasilewska, M, Figiel, A. Wojdylo, A. (2017). Influence of osmotic dehydration pre-treatment and combined drying method on physic-chemical and sensory properties of pomegranate arils, cultivar Mollar de Elche. Food Chemistry p 232.
- Carrillo-Carrillo M. C. J. (2020). Efecto del pretratamiento de secado en la pérdida de peso de la piña deshidratada. [Trabajo de titulación, modalidad. Proyecto de investigación] Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Cedeño Anchundia, V. S. (2017). Efecto del pretratamiento de secado en la pérdida de la piña deshidratada. Universidad Laica. Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador
- Correa, J, L. Rasia, M. C., Mulet, A. & Carcel, J. A. (2017). Influence of ultrasound application on both the osmotic pretreatment and subsequent convective drying of pineapple (*Ananas comosus*). Innovative Food Science and Emerging Technologies 41: p. 284-291.
- Cristhian D, D, V. Mina. L, M, C. (2021). Análisis sensorial en frutas deshidratadas. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Alimentos Cali-Colombia. Universidad del valle
- Estrada, H., Claudia E. Restrepo, Hernán, G, Saumett y Liliانا, Pérez (2018). Deshidratación Osmótica y Secado por Aire Caliente en Mango, Guayaba y Limón para la Obtención de Ingredientes Funcionales. Universidad Simón Bolívar de Barranquilla, Facultad de Administración y Negocios, Carrera 65 No. 64-17. Barranquilla- Colombia. Información Tecnológica. Vol. 29(3). P.197-204.
- Fernández, P., Lovera, N., Romero, A., & Ramalho, L. (2017). Deshidratación osmótica de ananás con reutilización del jarabe de sacarosa. REC y T 19(28): p.21-27.
- Flor García, H.; Dagnith Bejarano Luján; Luis Paredes Quiroz; Ruth Vega Rojas; José Encinas Puscán. (2018). La deshidratación osmótica mejora la calidad de (*Ananas comosus*) deshidratada. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Trujillo. 9(3). p.349-357.
- Godoy, Y. P., Rojas, B. S., Pérez, C. M., Giménez, A. Petit, J. D., & Alvarado, Q. G. (2012). Influencia del índice de madurez en la calidad de la piña (*Ananas comosus* L. Merr) mínimamente procesada. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente* (A.S.A.). p.39-50.
- Manuel B. G. (2020). Determinación de parámetros de osmodeshidratación y deshidratación conectiva de la variedad de piña samba de Chanchamayo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela profesional de ingeniería en industrias alimentarias
- Mendoza Jorge L. Ascurra, Guillermo N. Vásquez Clavo. Danton J. Miranda Cabrera, Fredesvindo Fernández Herrera, Vanessa E. Palacios Hidalgo. (2018). Deshidratación de la piña (*Ananas comosus*) por métodos combinados. ISSN 2305 – 4352.
- Mendoza, J. A., Guillermo, V. C. Danton, M. C. & Fredesvindo, F. H. (2017). Deshidratación de la piña (*Ananas comosus* L.) Por métodos combinados (Osmosis convencional), Revista Bigbang. Revista universitaria ISSN 2307-2112. Vol.6 p. 4.
- Millar-Wat, D. (2012). Control of natural flowering in the Smooth Cayenne Pineapple, (*Ananas comosus*) (L Merr), Citrus and Subtropical Fruit Research Intituite Information Bulletin 110. P.17-19.
- Palacios, H. V. (2015). Deshidratación de la Piña (*Ananas comosus*) por métodos combinados», [Tesis para acceder al Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho Perú.
- Panagiotou, N. M. Karathanos, V.T. & Maroulis, Z. B. (1999). Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits, Drying Technol. Vol 17. P. 175-189.
- Silva, S. K. Fernández, M. A., & Mauro, M. A. (2014). Osmotic Dehydration of Pineapple with Impregnation of Sucrose, Calcium, and Ascorbic Acid», Food Bioprocess Technol 7: DOI 1 0.1007/s 11947- 013- 1049-0. P.385 –397.

## BIOTA DEL SUELO: FORTALECIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TRES FUENTES DE INÓCULO EN EL CULTIVO DE BANANO

SOIL BIOTA: STRENGTHENING BY APPLYING THREE SOURCES OF INOCULA IN BANANA CULTIVATION

---

Erika Mirella Nagua Velepucha  
E-mail: [enagua2@utmachala.edu.ec](mailto:enagua2@utmachala.edu.ec)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4509-2693>  
José Nicasio Quevedo Guerrero, M Sc.  
E-mail: [jquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jquevedo@utmachala.edu.ec)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>  
Rigoberto Miguel García Batista, PhD.  
E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu](mailto:rmgarcia@utmachala.edu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>  
Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Nagua Velepucha, E. M., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2022). Biota del Suelo: Fortalecimiento Mediante la Aplicación de tres Fuentes de Inóculo en el Cultivo de Banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 94-100. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

### RESUMEN

El banano (*Musa x paradisiaca* L.) es una fruta tropical de gran magnitud económica y alimenticia, siendo comercializada a nivel mundial. Ecuador es el país con mayor extensión de suelo establecido para el cultivo, pero a su vez ocupa los últimos lugares en cuanto al rendimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de aplicaciones mensuales de microorganismos eficientes cultivados en harinas de banano, hojas de cacao y arroz en plantas de banano. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres tratamientos T1 (Harina de arroz más microorganismos), T2 (Harina de hojas de cacao más microorganismos) y T3 (Harina de banano más microorganismos.), cada tratamiento tuvo 3 repeticiones. Los resultados del análisis estadístico señalan que el tratamiento de harina de arroz + microorganismos eficientes presentó la media más alta para el peso del racimo y ratio, aunque no se presentaron en algunas variables diferencias significativas, económicamente es importante la diferencia en el peso, permitiendo tener una mejor conversión con respecto a los demás tratamientos. Independientemente de la diferencia entre tratamientos al utilizar los microorganismos eficientes en la finca permitió mejorar las condiciones del suelo, la microbiota y el porcentaje de raíces sanas.

### Palabras clave:

Microorganismos, banano, nutrientes, microbiota, rendimiento.

### ABSTRACT

The banana (*Musa x paradisiaca* L.) is a tropical fruit of great economic and nutritional magnitude, being marketed worldwide. Ecuador is the country with the largest area of land established for banana cultivation, but at the same time it occupies the last places in terms of yield. The objective of this work was to evaluate the effect of monthly applications of efficient microorganisms cultivated in banana, cocoa leaf and rice flours on banana plants. The experimental design was a randomized block design with three treatments T1 (rice flour plus microorganisms), T2 (cocoa leaf flour plus microorganisms) and T3 (banana flour plus microorganisms), each treatment had three replicates. The results of the statistical analysis show that the treatment of rice flour + efficient microorganisms presented the highest mean for bunch weight and ratio, although there were no significant differences in some variables, economically the difference in weight is important, allowing a better conversion with respect to the other treatments. Regardless of the difference between treatments, the use of efficient microorganisms on the farm improved soil conditions, microbiota and the percentage of healthy roots.

### Keywords:

Microorganisms, banana, nutrients, microbiota, yield.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano es una fuente esencial de ingresos económicos, tomando en cuenta el consumo vital y los productos de exportación; como fuente de energía, el banano ocupa el cuarto lugar, después del maíz, el trigo y el arroz. Esto ocurre como resultado de su alta concentración de almidón, lo que lo hace interesante como una fuente de alimento atractiva (Ranieri & De Oliveira, 2014; Jaramillo, 2020).

El incremento de precios en productos para cuidado del cultivo, la presencia de agentes patógenos, causantes de algunas enfermedades y esto sumado a la baja fertilidad del suelo; el país ha tenido repercusiones económicas negativas, siendo el banano uno de los principales productos de exportación que conlleva a una importante fuente de ingreso para los productores.

Para el manejo del cultivo, uno de los principales factores es el cuidado y protección del suelo, por ende, la utilización de productos químicos como fertilizantes, deben ser de manera prudente, con la finalidad de no destruir los microorganismos presentes en el suelo, los cuales aportan a la descomposición de los mismos (Llanos et al., 2021).

En las estrategias de manejo de cultivo de forma sustentable, encontramos la fertilización de suelos, la promoción de una correcta producción a la vez que sea factible y rentable, la aplicación de soluciones nutritivas a manera de mulching para obtener los nutrientes requeridos por el producto (Valverde et al., 2019).

Otra medida para la mejora de nutrición de cultivos es el uso de microorganismos eficientes, multiplicando en medios de propagación utilizado como biofertilizantes, convirtiéndose más accesible la interacción microbiológica del suelo, la cual refuerza el crecimiento de las plantas, motivando un desenvolvimiento del sistema radicular, el metabolismo y sistema inmune de la planta (Rondon et al., 2021).

El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de tres fuentes de harinas orgánicas inoculadas con microorganismos eficientes (ME) en parámetros agronómicos en el cultivo de banano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Granja Experimental “Santa Inés”, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, El área de estudio, según los registros del INAMHI posee una temperatura promedio de 24°C, una precipitación anual media de 630 mm, el suelo posee una textura franca arenosa y franca arcillosa, con un pH neutro de 7. De acuerdo con la zona de vida natural de Holdridge la región corresponde a una zona húmeda tropical (Figura 1.).

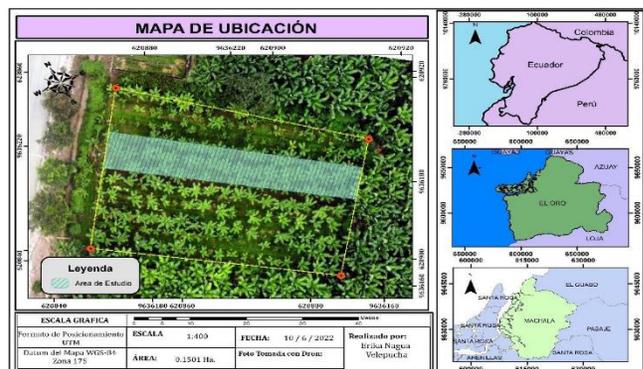


Figura 1. Ubicación del experimento de campo

**Materiales:** Los productos utilizados corresponden a los siguientes fertilizantes: harina de arroz, harina de banano, harina de hojas de cacao y microorganismos eficientes. Para la investigación se consideró un total de 50 plantas de banano correspondiente al subgrupo Cavendish, clon Grand Nane. El estudio incluyó la aplicación mensual de fertilizantes y microorganismos compuestos para su multiplicación en el suelo por medio de mulching, se tomó un registro de datos del desarrollo y producción del mismo en cada unidad experimental. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes. (Tabla 1)

Tabla 1: Tratamientos utilizados

Tratamientos	Composición	Dosis por planta.	Cantidad de plantas
T1	Harina de arroz + microorganismos	60gr+30 g NPK	16
T2	Harina de hojas de cacao microorganismos	70gr+30 g NPK	17
T3	Harina de banano microorganismos.	80gr+30 g NPK	17

**METODOLOGÍA:** Según Quevedo (2022) la metodología a emplear para el manejo agronómico es la siguiente:

**Manejo Agronómico,** Durante el ciclo del cultivo se requirieron la ejecución de las siguientes actividades:

**Control de maleza,** El control de maleza se realizó de forma mecánica con la ayuda de un machete con una frecuencia cada 15 días para evitar la propagación de malas hierbas. Al igual que la limpieza de los canales.

**Fertilización,** Se realizó mensualmente a base de microorganismos previamente multiplicados.

**Deshoje,** Se lo realizó un día por semana con el fin de eliminar hojas no funcionales

**Enfunde, encinte desflore y deschive,** El enfunde se efectuó cuando la bellota emergió, de igual manera se ubicó la respectiva cinta para llevar un calendario para la cosecha, además a los 4 días se procedió a realizar

el desfloramiento para luego del pasar de los días proceder al deschive.

**Cosecha,** Cuando llegó el momento de la madurez y el calibre adecuado, el racimo se cortó cuidadosamente para que los frutos no sufran ningún daño, y se colocó en la cuna para su transporte al lugar de procesamiento. Se tomaron los datos de las variables, así como el número de manos, peso de la misma, peso del raquis y grados de la mano del sol, así como la última.

**Variables evaluadas,** Las variables evaluadas fueron las siguientes:

**Altura de planta (AIPiPa),** Se procedió a medir la altura de las plantas desde la base hasta la última hoja en centímetros (cm).

**Raíces sanas (RaSa),** Se tomó una muestra de raíces a una distancia en diagonal al pseudotallo de 15cm, se pesaron las raíces sanas y se expresó el resultado en porcentaje (%).

**Raíces enfermas (RaEn),** Esta variable se tomó extra- yendo una cantidad de raíces, se pesaron las raíces enfermas o dañadas y se expresó el resultado en porcentaje (%).

**Emisión foliar (EmFo),** Los datos se obtuvieron mediante la identificación de la fase del desarrollo de cada hoja. Los datos se recopilaban en hojas/semana (h/s).

**Largo de hoja 3 (LH3),** Se midió desde la base hasta el ápice de la tercera hoja, el resultado se expresó en centímetros (cm).

**Ancho de hoja 3 (AH3),** Se midió en el envés de la hoja paralelo a la nervadura central, el resultado se expresó en centímetros (cm).

**Número de hojas (NH),** Se contabilizó el número de hojas funcionales de las plantas hasta el momento de la parición.

Tabla 2. ResANOVA y Prueba de Tukey

Tratamiento	AIPiPa	RaSa	RaEn	EmFo	LH3	AH3	NH	Afol	NuMRac	PeRac	PeRaq	Rat
T1 (HA+ME)	184.70a	88.7a	11.28b	0.78a	170.17b	69.35a	10.82a	7.69a	6.64a	63.29a	6.16a	1.49a
T2 (AHC+ME)	196.75a	72.75b	27.24a	0.83a	178.18ab	72.00a	11.31a	8.27a	6.15a	56.44a	5.56a	1.31a
T3(HB+ME)	214.52a	81.63ab	18.37ab	0.83a	189.47a	73.35a	11.23a	6.77a	6.82a	64.17a	6.08a	1.47a
F	2.98	7.85	7.85	2.23	3.72	1.86	2.36	2.34	1.94	2.90	2.96	2.83
Significancia	.060	.001	.001	.118	.032	.166	.105	.107	.154	.065	.061	.069

El resultado del análisis de Tukey en la variable altura de planta (AIPiPa) mostró en el subconjunto “a” del T3 con un valor de 214.52 cm es superior al T1 con un promedio de 184.70 cm. (Tabla 2)

En la prueba de Tukey para la variable raíces sanas (RaSa) dentro del subconjunto “a” donde el T2 con una media de 72.75%, presentó el menor valor frente a los demás tratamientos, T3 con un valor medio de 81.63%

Área foliar (Afol), Los resultados se obtuvieron mediante la aplicación de la fórmula de estimación que estableció en el cultivo de plátano (Kumar et al., 2002). Este dato es expresado en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Número de manos del racimo (NuMRac),** Se registró el número de manos por racimo una vez cosechados.

**Peso del racimo (PeRac),** Se procedió a tomar el peso del racimo en libras (lb) para lo cual se utilizó una balanza colgante.

**Peso del raquis (PeRac),** Al momento de la cosecha después de desmanar, se pesó el raquis. Los resultados se expresaron en libras (lb).

**Ratio (Rt),** Se obtiene de la división entre número de cajas cosechadas y el peso del racimo, se expresa en cajas sobre racimo (cj/rm).

**Procesamiento estadístico:** Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos, previo cumplimiento de los supuestos del modelo lineal no aditivo empleado. De presentarse efecto de interacción entre las combinaciones de tratamientos estudiadas, en función de cada variable analizada, se realizó la prueba de Tukey, para establecer entre cual o cuales se encuentran diferencias o similitudes. Para la representación de los resultados se usaron gráficos de barras (Casteñada, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA de un factor (Tabla 2) se observa que existe significancia en las variables raíces sanas (RaSa), raíces enfermas (RaEn) y largo de hoja 3 (LH3) debido a las aplicaciones de microorganismos eficientes que influyeron en la descomposición de la materia orgánica, dando origen a la rápida absorción nutricional por parte del sistema radicular.

pertenece a “ab” y finalmente en “b”, destaca T1 con un promedio de 88.70% como el más alto.

En la variable largo de hoja 3 (LH3) como indico la prueba Tukey en la variable largo de hoja 3 (LH3), demuestra que el subconjunto “a” donde T1 con una media de 170.17cm, valor mínimo; en relación al T2 178.18cm presente en el subconjunto “ab” y finalmente el T3 con el valor más alto 189.47 cm destacado como el mejor tratamiento.

**Altura de planta (AIPIPa):** Se aplicaron tres tratamientos de harinas en el T1 (HA+ME), en el T2 (AHC+ME) y finalmente en el T3 (HB+ME). La media de estos tratamientos varió en cuanto a la distribución de los datos para el T1 (HA+ME) de 184.71 cm y aumenta en T2 (AHC+ME), de 196.75 cm, el mayor tratamiento T3 (HB+ME) de 214.53 cm siendo este el valor más alto, cuyos valores son similares según Galecio et al., (2020). Estadísticamente los tratamientos mediante la prueba de Tukey no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 2).

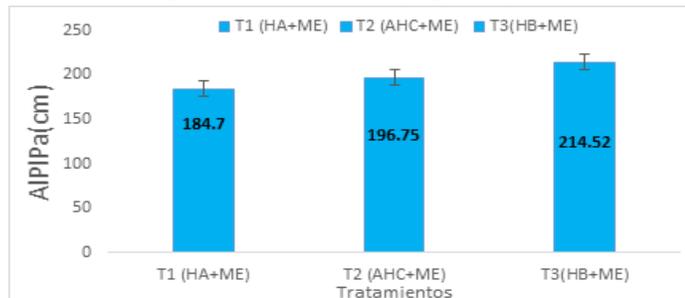


Figura 2. Altura de la planta a la aparición del cultivo de banano

**Raíces sanas (RASa):** La raíces del banano son indispensable para un buen rendimiento de los cultivos en este sentido se evaluó el porcentaje de raíces sanas, valores medios del T3 (HB+ME) estadísticamente indica estar en la parte media con 81.63 %, el valor más bajo el T2 (AHC+ME) con 72.75 %, por último el T1 (HA+ME) con una media de 88.72 %, este valor es similar a lo expuesto por Chabla, (2021) donde obtuvo el 86% de raíces sanas demostrando la factibilidad del usos de microorganismos eficientes para un mejor desarrollo radicular, (Figura 3).

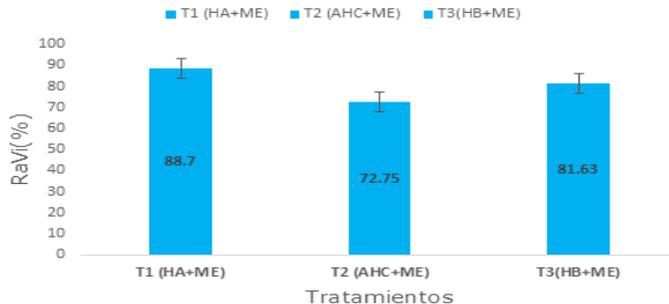


Figura 3. Porcentaje de raíces sanas en el cultivo de banano

**Raíces enfermas (RaEn):** Al igual que en las raíces sanas estos tratamientos demostraron diferencias significativas entre sí en este caso buscamos tener la media más baja para poder identificar el mejor tratamiento en este sentido, el T1 (HA+ME) fue el menor con una media de 11.28 %, seguido por el T3 (HB+ME) el valor medio de 18.37 % y finalmente T2 (AHC+ME) bajo tiende un 27.25 %, aunque las raíces enfermas son mayores, el porcentaje es tolerable para que no afecte directamente en la producción. Según Acosta, (2021) manifiesta que los principales causantes del deterioro son los nematodos, destacándose el *Radopholus similis* (Cobb, 1893 & Thorne, 1949), impidiendo el desarrollo del sistema radicular, e influye en el peso de las mismas, (Figura 4).

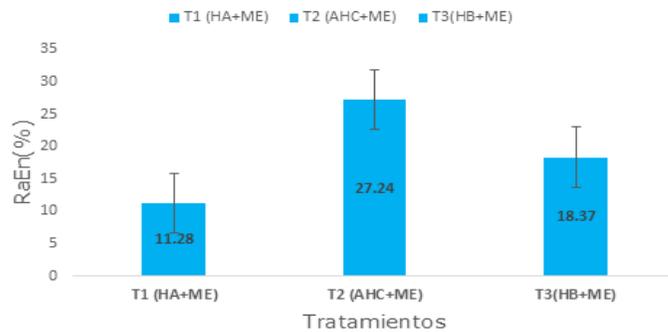


Figura 4. Porcentaje de raíces enfermas en el cultivo de banano

**Emisión Foliar (EmFo):** La emisión foliar del cultivo de banano es importante para obtener un buen llenado de fruta además de realizar un buen control fitosanitario en el cultivo (Lobo & Rojas, 2020), estadísticamente la emisión foliar en el cultivo no mostró diferencias significativas entre sí, sin embargo, T2 (AHC+ME) de 0.84 h/s y T3 (HB+ME) con 0.084 h/s es mayor y va disminuyendo en el tratamiento T1 (HA+ME) de 0.79 h/s, (Figura 5).

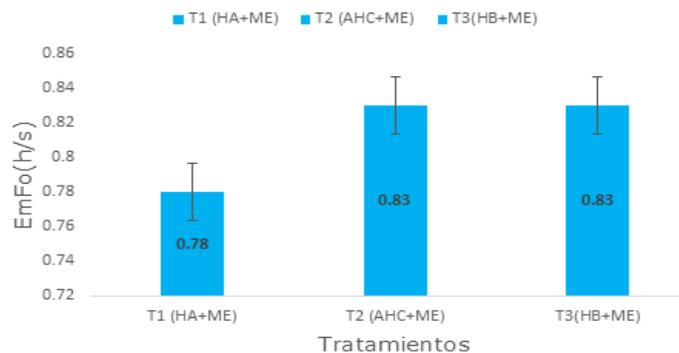


Figura 5. Emisión foliar del cultivo de banano

**Largo de la hoja 3 (LH3):** El largo de la tercera hoja en el cultivo de banano se encontraron diferencias significativas, donde el T3 (HB+ME) presenta una media de 189.47 cm con respecto al T1 (HA+ME) siendo el valor más bajo de 170.18 cm y T2 (AHC+ME) con un valor promedio de 178.19 cm. Según Rivas, (2020) indica en su investigación obtuvo resultados similares que comprenden entre 175 a 195 cm, (Figura 6).

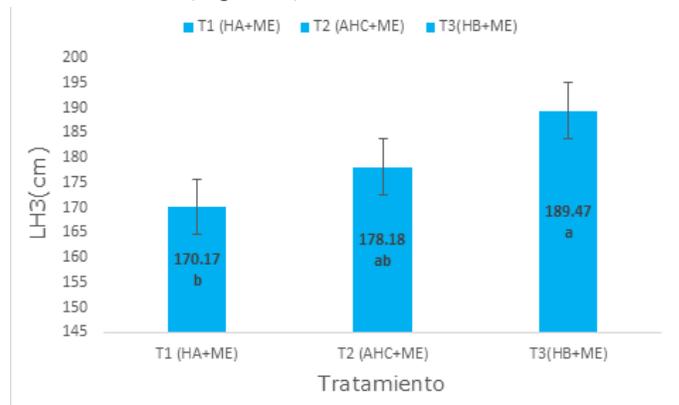


Figura 6. Largo de la hoja 3 en el cultivo de banano

**Ancho de la hoja 3 (AH3):** El ancho de la hoja tres no presentó diferencias significativas en el cultivo de banano así para el T3 (HB+ME) presentó una media de 73.35 cm, el T2 (AHC+ME) con una media 72 cm y el valor más bajo con una media de 69.35 cm en el T1 (HA+ME), entiéndase que a mayor ancho de la hoja y largo se aumenta el espacio para tener una mayor área foliar en el cultivo que permita tener mejores procesamientos fisiológicos en el cultivo. Los valores discrepan con los expuestos por Carriel (2020), donde obtuvo datos entre 89 a 92.45 cm debido a que el clon es Williams, (Figura 7).

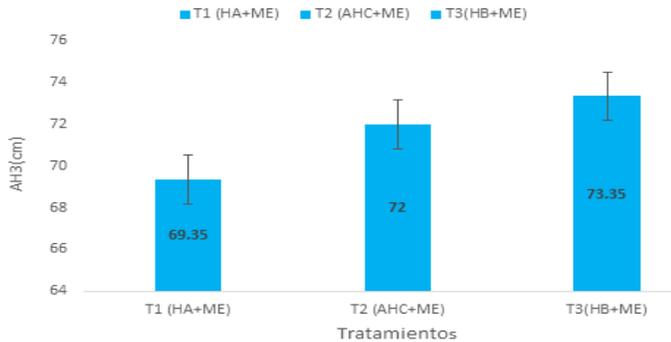


Figura 7. Ancho de la hoja 3

**Número de hojas (NH):** Al igual que en las dos variables previas el número de hojas no presentó diferencias significativas entre sí siendo las media para T2 (AHC+ME) de 11.31 hojas, seguido por T3 (HB+ME) con un promedio de 11.23 y el menor de 10.82 en T1 (HA+ME). El número de hojas que debe mantener una planta desde su fase vegetativa hasta la cosecha, debe ser de 8 para el funcionamiento normal de la planta, además los nutrientes principales que intervienen en la funcionalidad de las hojas son el magnesio y el potasio como lo indica (González & Zepeda, 2020), (Figura 8).

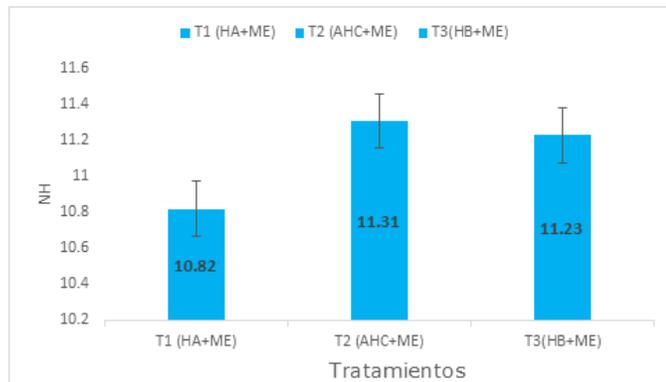


Figura 8. Número de hoja en el cultivo de banano

**Área Foliar (Afol):** En el cultivo de banano los procesos fisiológicos están en dependencia del área foliar (Panigrahi et al., 2021), en este sentido el T2 (AHC+ME) mostró la media más alta (8.27 m<sup>2</sup>) seguido por T1 (HA+ME) con 7.69 m<sup>2</sup> y finalmente T3 (HB+ME) con el promedio más bajo con 6.77 m<sup>2</sup>. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Reyes & Hernández., (2013), (Figura 9).

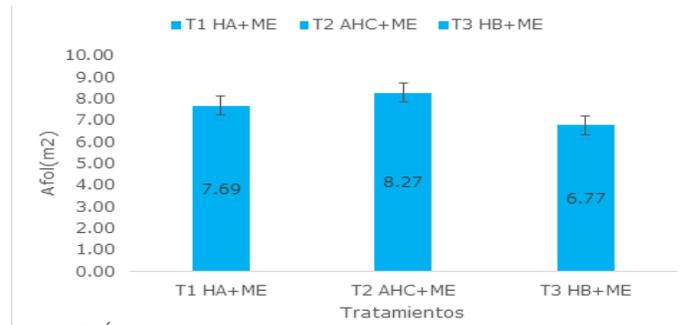


Figura 9. Área foliar del cultivo de banano

**Número de manos del racimo (NuMRac):** El número de manos en el racimo no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, lo cual pudo estar influenciado por el clima y el estado fisiológico del cultivo (Lima et al., 2022; Scribano et al., 2018), (Figura 10).

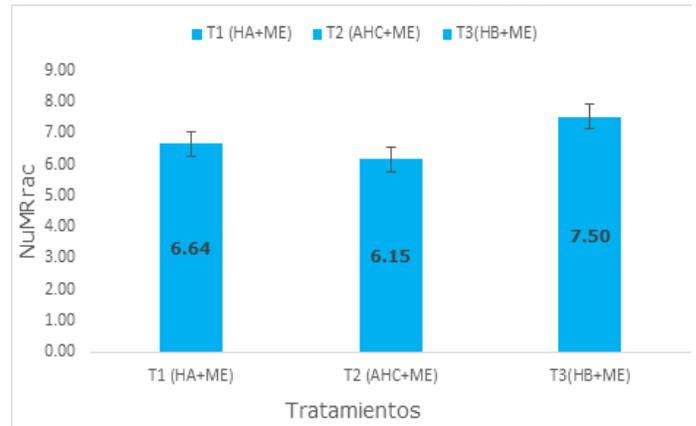


Figura 10. Número de manos de racimo del cultivo de banano

**Peso del racimo (PeRac):** El valor más alto permitirá tener un mejor ratio o conversión en la plantilla: el T3 (HB+ME) con una media de 64.17 lb seguido por el T1 (HA+ME) 63.29 lb y finalmente el T2 (AHC+ME) con el valor más bajo con 56.44 lb evidenciando que estadísticamente no presentaron diferencia, pero, si se presentan mejor rendimiento, según (Azuero et al., 2020) que obtuvieron una media de 73.90 lb utilizando microorganismos eficientes + biocarbón, (Figura 11).

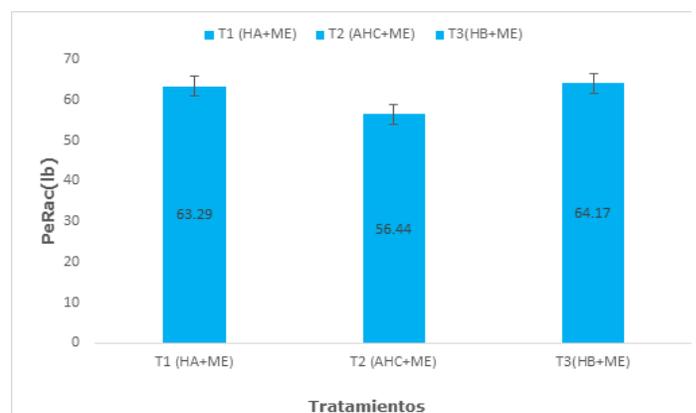


Figura 11. Peso del racimo del cultivo de banano

**Peso de raquis (PeRac):** El peso del raquis presentó el mismo comportamiento del peso del racimo siendo el T1 (HA+ME) el de mayor peso con 6.17 lb seguido por T3 (HB+ME) con 6.08 lb y finalmente T2 (AHC+ME) siendo el más bajo con un 5.56 lb, se debe tomar en cuenta que es raquis es un buen subproducto del banano que puede ser utilizado como complemento para mejorar la fertilidad de los suelos debido a los nutrientes que contiene que pueden ser fácilmente asimilados por el cultivo (Marín et al., 2018), (Figura 12).

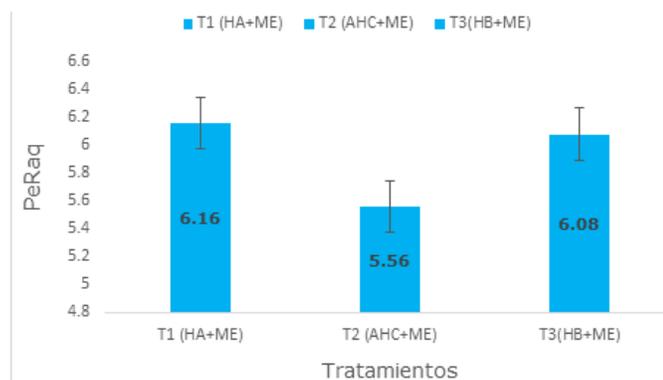


Figura 12. Peso del raquis del cultivo de banano

**Ratio (Rt):** Es uno de los valores más importantes para el productor bananero, este presentó valores superiores en el T1 (HA+ME) con un promedio de 1.49 cj/rm, seguido por T3 (HB+ME) con una media de 1.47 cj/rm y por último siendo el valor más bajo el T2 (AHC+ME) con una ratio de 1.31 cj/rm. La ratio presentada en todos los tratamientos registró valores similares a los reportados por Mahouachi, (2007), (Figura 3).

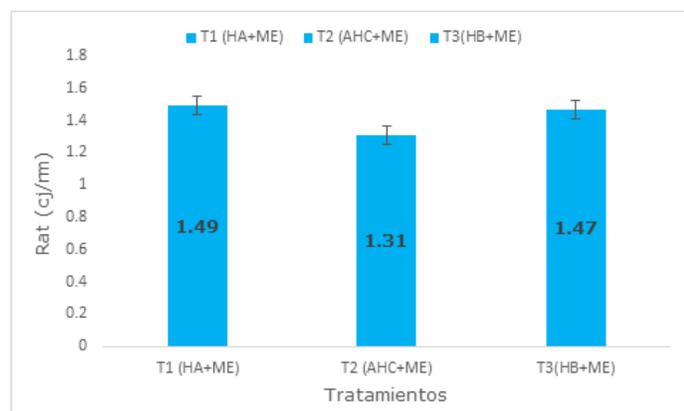


Figura 13. Ratio de los tratamientos en el cultivo de banano

## CONCLUSIONES

El T1 (HA+ME) fue el mejor, debido a que presentó las mejores medias en las variables: peso y ratio del racimo, lo que determina que puede ser una alternativa para mejorar la producción del cultivo. La diferencia entre tratamientos utilizando microorganismos eficientes + harina

de arroz o banano, lo cual permitió mejorar las condiciones del suelo, su microbiota y el número de raíces de la planta

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Pinargote, M. J. (2021). Efecto de dos nematocidas para el control de nematodos en dos variedades de banano: Cavendish y Gran enano. [Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ACOSTA%20PINARGOTE%20MAURICIO%20JAVIER.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ACOSTA%20PINARGOTE%20MAURICIO%20JAVIER.pdf)
- Azuero Gaona, B. R., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). Efecto del biocarbón y microorganismos en la producción y estado fitosanitario de banano orgánico en la parroquia "La Victoria". *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 110-120. <https://doi.org/https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/408>
- Carriel Ortega, J. A. (2020). Efecto de la nutrición transaminar en el comportamiento agronómico del cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* Var. Williams) en el cantón Valencia. Quevedo, Los Ríos, Ecuador: Bachelor's thesis, Quevedo: Ecuador. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclcfndmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5985/1/T-UTEQ-00276.pdf>
- Casteñada, M. B. (2010). Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS. (P. U. Sul, Ed.) Porto Alegre: Edipucrs. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XsxqTVs9-2QC&oi=fnd&pg=PA8&dq=procesamiento+estadistico+y+analisis+de+datos&ots=8O23IOMUka&sig=2yedOXnQO3JwL\\_g89VyhMr1SU8A#v=onepage&q=procesamiento%20estadistico%20y%20analisis%20de%20datos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XsxqTVs9-2QC&oi=fnd&pg=PA8&dq=procesamiento+estadistico+y+analisis+de+datos&ots=8O23IOMUka&sig=2yedOXnQO3JwL_g89VyhMr1SU8A#v=onepage&q=procesamiento%20estadistico%20y%20analisis%20de%20datos&f=false)
- Chabla Salas, F. A. (2021). "Evaluación de nematocidas en la reducción de la población de *Radopholus similis* en el cultivo de Banano (*Musa* AAA) en la parroquia Pancho negro, canton la Troncal, provincia en la parroquia Pancho negro, Canton la Troncal, provincia de Cañar". Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53216/1/Chabla%20Salas%20Francisco%20Agust%20c3%adn.pdf>
- Galecio Julca, M., León Huamán, K., & Aguilar Ancota, R. (2020). Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (*Musa* spp. L.). *Manglar*, 17(4), 301-306. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.045>

- González Casco, M. A., & Zepeda Bonilla, L. E. (2020). Comportamiento agronómico del plátano (paradisíaca L.) variedad CEMSA ¾ Musa bajo dos métodos de selección de cormos, Potosí, Rivas, 2017. Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.una.edu.ni/4185/1/tnf01g643co.pdf>
- Jaramillo, J. (2020). Evaluación de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos en banano (Musa paradisíaca). Universidad Agraria del Ecuador). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JARAMILO%20PILLAJO%20LUIS%20JAVIER\\_compressed.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JARAMILO%20PILLAJO%20LUIS%20JAVIER_compressed.pdf)
- Kumar, N., Krishnamoorthy, V., Nalina, L., & Soorianathasundharam., K. (2002). Nuevo factor para estimar el área foliar total en banano. Montpellier, Francia: Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano.
- Llanos Ríos, E., Quevedo, J., & García, R. (2021). Drench: Evaluación de aplicaciones mensuales de soluciones nutritivas en banano (Musa X paradisíaca L.) y sus efectos en la producción y calidad de fruto. *Agroecosistemas*, 383-405.
- Mahouachi, J. (2007). Crecimiento y contenido de nutrientes minerales de frutos en desarrollo en plantas de banano (Musa acuminata AAA, 'Grand Nain') sometidas a estrés hídrico y recuperación. *Ciencias Hortícolas y Biotecnología*, 82(6), 839-844. <https://doi.org/0.1080/14620316.2007.11512315>
- Ranieri, L. M., & Delani De Oliveira, T. C. (2014). Banana verde (musa spp): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente. *Uningá Review*, 20(3), 43-49. <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1602/1212>
- Reyes Romero, G. J., & Hernández Vallejos, D. A. (2013). Efecto al aplicar tres dosis de vermicompost con fertilización foliar complementaria en el crecimiento y rendimiento del plátano (Musa paradisíaca L.) variedad CEMSA ¾, UNA, 2011-2013. [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional Agraria, UNA. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.una.edu.ni/2203/1/tnf04r457e.pdf>
- Rivas Toapanta, K. O. (2020). Uso del Nutriente Translaminar, en el desarrollo Vegetativo del Banano (Musa aaa.) Variedad Williams Cantón Valencia, los Ríos. Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5370/1/T-UTEQ-0266.pdf>
- Rondon, T., Hernandez, R. M., & Guzman, M. (2021). Soil organic carbon, physical fractions of the macro-organic matter, and soil stability relationship in lacustrine soils under banana crop. *Plos one*, 16(7), e0254121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254121>
- Valverde Fonseca, E. L., García Batista, R. M., Moreno Herrera, A., & Socorro Castro, A. R. (2019). Alternativas nutricionales eficientes en banano orgánico en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 1(151-159.), 2. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/104/198>

**EFFECTO DE ME-UCF SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL ARROZ (ORYZA SATIVA L), VARIEDAD PERLA DE CUBA EN EL MUNICIPIO ABREUS**

EFFECT OF ME-UCF ON THE GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF RICE CULTIVATION (ORYZA SATIVA L), VARIETY PERLA DE CUBA IN THE ABREUS MUNICIPALITY

José R. Mesa Reinaldo<sup>1</sup>E-mail: [jrmesa@ucf.edu.cu](mailto:jrmesa@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>Erisbel Martínez Poma<sup>1</sup>E-mail: [agr@ucf.edu.cu](mailto:agr@ucf.edu.cu)ORCID: <https://0000-0002-2842-6391><sup>1</sup>Departamento de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuba

## Cita sugerida (APA, séptima edición)

Mesa Reinaldo, J. R., Martínez Poma, E. (2022). Efecto de Me-UCF sobre el crecimiento, Desarrollo y Rendimiento del Cultivo del arroz (oryza sativa l), variedad Perla de Cuba en el Municipio Abreus. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 101-108. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de ME-UCf, biopreparado a base de microorganismos eficientes, sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz, se realizó el presente trabajo en condiciones de producción, por el sistema de arroz popular en el municipio de Abreus, provincia de Cienfuegos, sobre suelo oscuro plástico, durante el período lluvioso del 2019. Se montó un experimento con un diseño de Bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro réplicas. Se evaluó un testigo (Paquete tecnológico) y tres dosis de ME-UCf (36, 48 y 60 L.ha<sup>-1</sup> + Paquete tecnológico). Las aspersiones de ME-UCf se efectuaron al suelo y foliares, en tres momentos: a los 15 días del trasplante, en ahijamiento activo (38 días) y en punto de algodón (55 días). Se evaluaron variables morfológicas y componentes de rendimiento, mediante el programa estadístico StatGraphics Plus 5.1. Al concluir el trabajo se determinó que el tratamiento 2 (ME-UCf 36 L.ha<sup>-1</sup> + Paquete tecnológico) resultó el mejor al presentar diferencias estadísticas significativas con los restantes tratamientos a base de ME-UCf y el testigo, además de alcanzar rendimientos que superan la media nacional para el año del estudio, lo reportado para la variedad y obtener ganancias de 8333,01CUP con relación al testigo.

## Palabras clave:

Microorganismos eficientes, estudio, tratamientos, evaluación.

## ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of ME-UCf, bioprepared based on efficient microorganisms, on the growth, development and yield of rice, this work was carried out under production conditions, by the popular rice system in the municipality of Abreus, Cienfuegos province, on dark plastic soil, during the rainy season of 2019. An experiment was set up with a Random Block design, with four treatments and four replications. A control (Technological Package) and three doses of ME-UCf (36, 48 and 60 L. ha<sup>-1</sup> + Technological Package) were evaluated. The ME-UCf sprays were made to the soil and foliar, in three moments: 15 days after transplanting, in active tillering (38 days) and in cotton point (55 days). Morphological variables and yield components were evaluated using the statistical program StatGraphics Plus 5.1. At the conclusion of the work, it was determined that treatment 2 (ME-UCf 36 L. ha<sup>-1</sup> + Technological package) was the best, presenting significant statistical differences with the remaining treatments based on ME-UCf and the control, in addition to achieving yields that exceed the national average for the year of the study, what is reported for the variety and obtain profits of 8333.01CUP in relation to the control.

## Keywords:

Efficient microorganisms, study, treatments, evaluation.

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial, cuya demanda aumenta continuamente. En consecuencia, es necesario incrementar la producción de arroz, para satisfacer la creciente demanda de la población mundial, a pesar de los recursos limitados de tierras cultivables, agua de riego y fertilizantes (Elmoghazy & Elshenawy, 2019).

La cultura convencional en el arroz pretende cubrir las pérdidas de nutrientes del suelo por la extracción de las plantas, así como controlar enfermedades, con el incremento de químicos que, al no ser aprovechados en su totalidad por las plantas, contaminan al ambiente. De ahí la necesidad de desarrollar productos bioactivos que conduzcan a una disminución progresiva del uso de agroquímicos, contaminantes del medio ambiente en la agricultura, repongan los nutrientes deficitarios, que tengan un efecto significativo sobre el control de enfermedades e influyan sobre la fisiología del cultivo con una elevación significativa del rendimiento (Montejo, 2011).

Entre estos bioproductos se encuentran los llamados microorganismos eficientes (ME), que según Haney et al., (2015), incrementan el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas, así como incrementan la capacidad de fotosíntesis a través de un mayor desarrollo foliar; inducen mecanismos de eliminación de insectos y enfermedades en las plantas, al inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consumen los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.

Son escasos los estudios con bases científicas que demuestren el efecto de los biopreparados en condiciones de producción sobre el arroz, por lo que la aplicación de microorganismos eficientes, como biopreparado, podría ser una alternativa factible para el incremento del crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz en condiciones de producción. En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, se ha trabajado en el desarrollo y validación mediante experimentos de campo, de la tecnología de producción de un biopreparado a base de microorganismos eficientes (ME-UCf) obtenido a partir de su extracción de bosques primarios de la provincia, el cual ha sido evaluado en numerosos cultivos, pero no se ha demostrado su efecto sobre el cultivo del arroz, por lo que se trazó como objetivo de esta investigación, evaluar el efecto de ME-UCf sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del arroz, variedad Perla de Cuba en condiciones de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en condiciones de producción con el sistema de “arroz popular” en el agroecosistema arrocero: Finca “Mateo Quiñones” perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida (CCSF) “Adolfo Ortiz”, ubicada en el asentamiento Cieneguilla,

municipio de Abreus, provincia de Cienfuegos, sobre suelo oscuro plástico, en el período lluvioso del 2019.

El semillero se estableció con la desinfección de las semillas con Celest Top FS 312 a 300 ml. Kg<sup>-1</sup> de semilla sin pre germinación. Se utilizó semilla fiscalizada de la variedad Perla de Cuba, obtenida por el productor. Las posturas se trasplantaron a los 28 días de la germinación. El suelo se preparó por la tecnología seco-fangueo y se ejecutaron las labores según las instrucciones del Instructivo Técnico del Arroz popular (IIA, 2010). El trasplante se efectuó en el período lluvioso, con una densidad de plantación de 20 plantas.m<sup>2</sup>.

Se montó un experimento con un diseño de Bloques al azar, cuatro tratamientos y cuatro réplicas.

Los tratamientos experimentales fueron:

Tratamiento 1: Testigo o control (paquete tecnológico).

Tratamiento 2: ME-UCf 36 L.ha-1+ paquete tecnológico.

Tratamiento 3: ME-UCf 48 L.ha-1+ paquete tecnológico.

Tratamiento 4: ME-UCf 60 L.ha-1+ paquete tecnológico.

Las aspersiones de ME-UCf se efectuaron al suelo y foliares, en tres momentos: a los 15 días del trasplante, en ahijamiento activo a los 38 días y en punto de algodón a los 55 días. Las aplicaciones químicas del paquete tecnológico se realizaron siguiendo las orientaciones del Instructivo técnico para el cultivo del arroz (IIA, 2010), donde se incluye la administración de los portadores de nutrientes: Urea (180 kg.ha-1), Superfosfato triple (150 kg.ha-1) y Cloruro de potasio (100 kg.ha-1). El nitrógeno y el potasio se fraccionaron: 50 % a los 15 días de trasplante junto con el 100 % del fósforo y 50 % en el punto de algodón.

Las parcelas experimentales se conformaron dentro de las terrazas, con un área útil de 4 m<sup>2</sup> por tratamiento y una superficie total de 16 m<sup>2</sup>. El muestreo se realizó en diagonal y las variables morfológicas y los componentes del rendimiento se evaluaron en 10 plantones en cada réplica, para un total de 40 repeticiones por tratamiento. Se determinó el rendimiento agrícola mediante la cosecha de cuatro muestras de 1 m<sup>2</sup> por parcela experimental. Se expresó en kg por parcela.

Para la determinación de la efectividad económica por el empleo de ME-UCf en la variedad de arroz en estudio se calculó, mediante la fórmula:

Ganancia (G) = Ingresos – Costos

Dónde: Ingresos = Rendimiento (t. ha-1) x Precio tonelada arroz cáscara 14% humedad y los Costos = Gastos de producción.

### *Variables estudiadas*

- Número de hijos por plantón; Se realizó un primer conteo a los 40 días después del trasplante y otro a los 50

días, donde se toman como referencia 10 plantones por cada m<sup>2</sup>.

- Número de hijos fértiles por plantón; Se tomaron datos a los 66 días después del trasplante, de los hijos fértiles en cada plantón muestreado.
- Número de panículas por plantón; Se muestreó a los 100 días después del trasplante de las panículas en cada plantón muestreado.
- Altura de la planta en cm (a los 40 y 50 días).
- Longitud de la panícula en cm (al momento de la cosecha).
- Total, de granos llenos (al momento de la cosecha).
- Peso total (g) trillado, aventado, seco y pelado (se pesó el total de granos de cada tratamiento).
- Rendimiento de arroz cáscara húmedo y cáscara seca al momento de la cosecha expresado en kg. ha<sup>-1</sup> y t. ha<sup>-1</sup>.
- Análisis de la pureza. Para la determinación de la pureza, se utilizó la Norma cubana: germinación agricultura — ensayos de semillas agrícolas — determinación de pureza, otras especies en número y de la masa (NC 619: 2008).

A los resultados obtenidos en las evaluaciones se les realizó el análisis estadístico de varianza, empleando el paquete estadístico StatGraphics Plus 5.1. Las medias fueron comparadas por el test de Tukey con una probabilidad de error del 5 %, de  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Análisis del número de hijos por plantón*

Al analizar el resultado de la aplicación de ME-UCf sobre el número de hijos a los 40 y 50 días y del número de hijos fértiles por plantón a los 66 días después del trasplante (Tabla 1), se obtuvo que los tratamientos 2 y 4, superan al testigo, con diferencias significativas sobre el para  $P \leq 0,05$  y coinciden con lo reportado para la variedad por Puldón et al., (2008).

Resultados similares fueron obtenidos por Milián (2015) al evaluar el efecto de la aplicación de ME-50 sobre el desarrollo morfológico del arroz, variedad Prosequisa-4, que observó que todas las variables evaluadas registraron valores significativamente superiores al testigo ( $P < 0,05$ ), excepto el número de hijos infértiles.

Por su parte, Moya (2017) determinó que la aspersión de ME-50 produjo un incremento significativo del número de hijos totales por plantón a los 100 días del trasplante en la variedad Perla de Cuba. Al respecto Núñez (2012) expone que el indicador morfológico número de hijos por planta en arroz, es un elemento indispensable en el número de panículas por área y en el número de granos que presenta este tipo de inflorescencia y Schlatter et al., (2017), señalan que los microorganismos asociados con

la rizófora de las plantas facilitan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas.

Con relación al número de hijos fértiles por plantón se obtuvo que los tratamientos 2 y 4, superan al testigo, con diferencias significativas sobre el para  $P \leq 0,05$ , lo cual coincide con lo reportado por Moya (2017), que en su investigación obtuvo que ME-50 incrementó significativamente el número de hijos fértiles por planta con relación al testigo y refiere que la aplicación de ME promueve el crecimiento, el desarrollo, el ahijamiento y la reproducción de las plantas con el aumento de la capacidad fotosintética de los cultivos; así como con la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Tabla 1. Número de hijos por plantón (U)

Tratamiento	Número de hijos 40 días	Número de hijos 50 días	Número de hijos fértiles
1	14,48 c	15,48 b	13,55 b
2	16,50 a	17,43 a	15,15 a
3	14,68 bc	15,78 b	14,18 ab
4	16,10 ab	17,30 a	15,33 a
Est	0,55964	0,521512	0,461941
CV (%)	3,6019	3,1619	3,1746

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

### *Análisis de la altura de las plantas*

El análisis de la altura de las plantas (Tabla 2), no determinó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aunque se manifiesta la tendencia a ser mayores los valores con el empleo de ME-UCf, lo cual coincide con lo reportado por Ramírez (2018) al evaluar la altura de las plantas a los 55 días en el cultivo de arroz con la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes en la zona de Mocache en Ecuador, así como con lo obtenido por Rodríguez (2017), al determinar la altura en centímetros de las plantas, en repuesta a la aplicación en arroz de microorganismos promotores del crecimiento vegetal bajo condiciones de riego en Vinces – Ecuador, que tampoco encontró diferencias significativas para este indicador. Estos resultados difieren de lo obtenido por Moya (2017) que reporta con la aplicación de ME-50, un incremento significativo, respecto al testigo, de la altura de las plantas a los 100 días del trasplante; lo que los autores de este trabajo atribuyen a que en esta investigación se realizó la evaluación con 50 días menos con relación a estos autores, lo cual parece indicar que el efecto de los ME sobre la altura en arroz, se comienza a manifestar después de los 50 días. Por su parte, el Manual de variedades de arroz (Puldón et al., 2008) plantea que está demostrado que la altura de la planta no es determinante en el rendimiento agrícola, sin embargo, sí se conoce que las variedades de mayor altura tienen mayor tendencia al acamado, lo que puede influir en el rendimiento. Al respecto, Flores et al., (2014), señalan que los ME al ser aplicados en aspersiones foliares, mejoran el crecimiento

del follaje y aumentan el área fotosintética, lo que se va a traducir en una mayor elaboración de nutrimentos por la planta y por ende en un incremento de su productividad.

Tabla 2. Altura de las plantas (cm)

Tratamiento	Altura 40 días	Altura 50 días
1	82,92 a	97,17 a
2	83,58 a	98,8 a
3	83,67 a	98,58 a
4	84,67 a	97,50 a
ESt	1,43493	1,28161
CV (%)	1,7142	1,3075

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

### Longitud de la panícula (cm) y número de granos por panícula

Al analizar la longitud de la panícula (Tabla 3), no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para  $P \leq 0,05$ , no obstante, se obtienen valores que superan lo reportado por Puldón et al., (2008) para la variedad, lo que demuestra el efecto de ME-UCf sobre este indicador.

Rodríguez (2017), al evaluar la respuesta del arroz a la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal bajo condiciones de riego en Vinces – Ecuador, encontró que el análisis de varianza en la variable longitud de panículas fue no significativo para los tratamientos, resultado que coincide con esta investigación.

Con relación al número de granos por panícula, el análisis indica que el tratamiento 3 muestra diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza 95,0% con el testigo, sin diferencia con los restantes tratamientos, resultado que coincide con lo obtenido para la variedad por Moya (2017) y para el arroz por Milian (2015), los cuales obtuvieron con la aplicación de ME-50 un incremento significativo respecto al testigo de los granos llenos por panícula.

Al investigar sobre estos resultados, se encontró que Polo y Alfonso (2013), plantean que tanto los granos llenos por panículas como el número de panículas por  $m^2$  son componentes del rendimiento que se correlacionan alta y significativamente entre sí. Sin embargo, en el cultivo del arroz la disminución en algunos de los componentes se compensa, en parte, con pequeños incrementos en los valores de otros (Alfonso, 2013) y que en la medida que sea mayor el peso de 1000 granos en una variedad, menor será la cantidad de granos llenos por panícula; además, un efecto detrimental en los caracteres de la panícula en cuanto a granos llenos puede ser compensado con un mayor número de panículas por  $m^2$  (Maqueira et al., 2015).

Tabla 3. Longitud de la panícula (cm) y granos por panícula

Tratamiento	Longitud de la panícula	Granos por panícula
1	26,30 a	148,9 b
2	26,68 a	155,7 ab
3	26,55 a	164,25 a
4	26,10 a	154,35 ab
ESt	0,226694	5,20738
CV (%)	0,8585	3,3737

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

### Análisis del número de panículas por plantón

Al realizar el análisis del número de panículas por plantón al momento de la cosecha (Tabla 4), se obtuvo que los tratamientos 2 y 4, superan al testigo, con diferencias estadísticas significativas sobre él, y resulta el mejor, el Tratamiento 2 que alcanza los mayores valores, resultado que coincide con lo obtenido para Perla de Cuba por Moya (2017) al estudiar el efecto de los microorganismos eficientes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz en Aguada de Pasajeros, así como con Milian (2015) al evaluar el efecto de ME-50 sobre la morfología y el rendimiento del cultivo del arroz en la Variedad Prosequisa 4, que obtuvo resultados similares para el número de panículas por plantón a los de esta investigación.

Rodríguez (2017) al estudiar la respuesta del cultivo de arroz, a la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal bajo condiciones de riego, en Vinces-Ecuador, alcanzó resultados diferentes a esta investigación, al no obtener diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Tabla 4. Número de panículas por plantón (U)

Tratamiento	Número de panículas por plantón
1	13,05 b
2	15,10 a
3	14,08 ab
4	15,03 a
ESt	0,562921
CV (%)	4,2174

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

### Peso total (g) trillado, aventado, seco y pelado

Para determinar los componentes de rendimiento, se cosecharon y trillaron las 16 parcelas experimentales y los resultados se exponen a continuación en la Tabla 5.

Se pudo observar que los tratamientos 2 y 3, resultan los mejores para todos los indicadores determinados, al presentar diferencias estadísticas significativas con relación al testigo y al tratamiento 4, y obtiene los mejores resultados, el tratamiento 2 (ME-UCf: 36 L. ha<sup>-1</sup>), que alcanza

valores que superan a todos los tratamientos evaluados, con diferencias estadísticas significativas sobre ellos.

Morocho y Leyva (2019), al realizar una revisión bibliográfica sobre los microorganismos eficientes, plantean que estos han demostrado ser una alternativa eficiente y sostenible en la producción de alimentos, que desde el punto de vista agrícola favorecen la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y permiten una reproducción más exitosa en las plantas, aspectos que explican el incremento que provocan sobre el rendimiento agrícola y los resultados de esta investigación.

Tabla 5. Resultados del Peso total (g) trillado, aventado, seco y pelado

Tratamiento	Peso Trillado (g)	Peso Aventado (g)	Peso Seco (g)	Peso Pelado (g)
1	2630,00c	2311,00c	2310,82c	1766,00c
2	3120,00a	2740,00a	2732,78a	2111,10a
3	3000,00b	2515,00b	2510,36b	1898,28b
4	2660,00c	2210,00d	2201,60d	1660,09d
Est	1,8403	3,5473	5,5818	2,6858
CV (%)	0,7705	0,1451	0,2289	1,1633

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

#### Análisis del Rendimiento agrícola

En la Tabla 6, se presentan los resultados del cálculo del rendimiento del cultivo con la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes, donde se obtuvo que los tratamientos 2 y 3, superan al testigo, con diferencias estadísticas significativas sobre el para  $P \leq 0,05$ , resultado que coincide con los obtenidos por Milian (2015) y Moya (2017) en Aguada de Pasajeros, así como con Ramirez (2018) al analizar el rendimiento del cultivo de arroz con la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes en la zona de Mocache.

Los resultados obtenidos, alcanzan valores que superan el rendimiento reportado por Puldón et al., (2008) para la variedad Perla de Cuba, así como son superiores a los rendimientos reportados para el cultivo por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información de Cuba (ONEI)

Tabla 6. Análisis del Rendimiento agrícola

Tratamiento	Rendimiento kg/parcela	Rendimiento cascara húmedo t.ha-1	Rendimiento cascara seco t.ha-1	Rendimiento arroz pelado t.ha-1	Peso de 1000 granos (g)
1	2,63	5,78c	5,78c	4,42	26.57c
2	3,12	7,80 <sup>a</sup>	6,83 <sup>a</sup>	5,28	26.82b
3	3,00	7,50b	6,28b	4,75	26.15d
4	2,66	6,65d	5,50d	4,15	27.33a
Est		0,01396	0,01395		0,0467707
CV (%)		0,2288	0,2288		0,1751

Letras desiguales en las columnas presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

para el municipio Abreus, la provincia y el país en el año 2018 (ONEI, 2019), con rendimientos superiores al Paquete tecnológico (Tratamiento 1), lo que demuestra la factibilidad del empleo del biopreparado ME-UCf en la producción, resultado que se refuerza con los planteamientos de Fernández (2013), al presentar un resumen del empleo de los microorganismos eficientes en Cuba, usos y posibilidades de producción, que expone que el uso de microorganismos eficientes adquiere relevancia al ser un producto de origen natural y bajo impacto en el medio ambiente, lo que constituye un punto importante a favor de esta tecnología, si se considera que la utilidad de estos microorganismos es el uso seguro, su bajo costo, fácil manejo, amigable para el medio ambiente, al ser un producto orgánico, sin manipulación genética.

A su vez, Moya (2012), expone que cuando los microorganismos eficientes introducidos en el suelo incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se refuerza la actividad de los microorganismos naturales, con lo que se enriquece la microflora y que los diferentes tipos de microorganismos presentes en el biopreparado, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y que a su vez las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas que influyen positivamente sobre el rendimiento del cultivo.

Con relación al Peso de 1000 granos, los tratamientos 2 y 4, superan al testigo y resulta el mejor el tratamiento 4, seguido del tratamiento 2 con diferencias estadísticas significativas entre ellos, lo que corrobora la afirmación de Alfonso (2013) que, en el cultivo del arroz, la disminución en algunos de los componentes se compensa en parte, con pequeños incrementos en los valores de otros.

Resultados similares para este indicador, fueron obtenidos para la variedad en estudio por Moya (2017), al evaluar el efecto de los microorganismos eficientes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz en Aguada de Pasajeros y difieren para el peso de 1000 granos de los obtenidos por Milian (2015) en el mismo municipio, con la variedad Prosequisa-4 y los de Rodríguez (2017) en Vinces – Ecuador, al estudiar el efecto de los microorganismos eficientes sobre el peso de 1000 granos de arroz, que no encontraron diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados.

### Análisis de la pureza

El objetivo de este ensayo fue determinar la composición en peso de la muestra que se analizó y por consiguiente la composición del lote de semillas, la identidad de las distintas especies de semillas y de las partículas de materia inerte presentes en la misma. La muestra de análisis se clasificó en los tres componentes siguientes: semilla pura, otras semillas y materia inerte determinándose el por ciento en masa de cada grupo aplicando la metodología planteada por la Oficina Nacional de Normalización (ONN) en la Norma Cubana NC 619:2008; Agricultura

- Ensayos de semillas agrícolas - Determinación de pureza (ONN, 2008).

En la Tabla 7, se exponen los resultados del análisis de la pureza realizado en el Laboratorio Provincial de Semillas del MINAG. Para determinarlo, se tomó una muestra aproximada de 40 g y se procedió a realizar las determinaciones de pureza, aplicando la referida norma y se puede observar que los mejores resultados los alcanza el Tratamiento 2 al presentar menores impurezas y cantidad de granos manchados, lo que pone de manifiesto, el efecto de ME-UCf sobre este indicador.

Tabla 7. Análisis de la pureza

Tratamiento	Peso inicial	Semilla pura	Pureza %	Materia inerte	Granos manchados
1	40.25	37,85	94,04	0.40	2,00
2	40.03	38,72	96,73	0.29	1,02
3	40.28	38,20	94,84	0.50	1,58
4	40.15	37,96	94,55	0.57	1,62

Fuente: Los autores a partir de los resultados de la investigación

### Determinar la factibilidad económica de la inclusión de ME-UCf en arroz

Para determinar los costos de la investigación, se elaboró una ficha de costo en la que se detallan los gastos incurridos con las atenciones culturales del cultivo y la ficha de costo elaborada para el biopreparado ME-UCf por el equipo que lo desarrolló.

Este análisis (Tabla 8) muestra que los ingresos y ganancias aportados fueron significativamente superiores en las parcelas tratadas con ME-UCf para la variedad de arroz Perla de Cuba, y que resulta el mejor, el tratamiento 2 (ME-UCf: 36 L.ha<sup>-1</sup>), con ganancias de 8333,01 CUP con relación al testigo, lo que valida la factibilidad de la producción y empleo del biopreparado ME-UCf por los agricultores y concuerda con los resultados obtenidos por Milian (2015), en la variedad Prosequisa 4 quienes reportan utilidad respecto al testigo con la aplicación de ME-50 con ingresos y ganancias superiores en las parcelas tratadas con microorganismos eficientes y costos

significativamente inferiores. También coinciden con Moya (2017), al realizar la valoración económica de las aplicaciones de ME-50 en el arroz, variedad Perla de Cuba, en el agro ecosistema Batalla, municipio Aguada de Pasajeros, provincia de Cienfuegos, que obtuvieron en las áreas tratadas con ME-50, que además de incrementar el rendimiento, exhiben una reducción de los gastos por tratamiento, así como un incremento de los ingresos.

Moya (2012) al exponer la tecnología para producir microorganismos eficientes, plantea que el uso de agroquímicos en la agricultura, además de ser de alto costo en la mayoría de los países, hace que el suelo pierda diversidad de flora y fauna y que se destruya su materia orgánica, mientras que los microorganismos eficientes mejoran la biota del suelo, las propiedades físicas de este, disminuyen los costos de la producción y aumentan el volumen de las cosechas y por lo tanto aumentan los ingresos del agricultor, lo que quedó demostrado en esta investigación.

Tabla 8. Viabilidad económica del efecto de ME-UCF en las parcelas en estudio

Tratamientos	Rendimiento (t. ha <sup>-1</sup> )	Valor de la producción (CUP. ha <sup>-1</sup> )	Costo Total (CUP. ha <sup>-1</sup> )	Ganancia (CUP)	Diferencia VS Testigo (CUP)
1	5,78	23874,87	12857,74	11017,13	---
2	7,80	32218,68	12868,54	19350,14	8333,01
3	7,50	30979,50	12872,14	18107,36	7090,23
4	6,65	27468,40	12875,74	14592,66	3575,33

Nota. La diferencia se determinó con respecto al testigo

## CONCLUSIONES

Todos los tratamientos a base de ME-UCf superan al testigo para número de hijos e hijos fértiles y resulta el mejor, el tratamiento 2 (ME-UCf: 36 L. ha<sup>-1</sup>)

Con relación a los componentes del rendimiento evaluados y la pureza, el tratamiento 2, resulta el mejor con diferencias estadísticas significativas sobre los restantes.

Al calcular el rendimiento agrícola y la rentabilidad, el tratamiento 2 (ME-UCf: 36 L. ha<sup>-1</sup>), alcanza los mejores resultados con ganancias de 8333,01 CUP.ha<sup>-1</sup> con relación al testigo.

## RECOMENDACIONES

- Incluir un biopreparado a base de microorganismos eficientes, en el Paquete tecnológico del cultivo del arroz.
- Divulgar los resultados aportados por la presente investigación en otros sitios productivos del municipio Abreus y la provincia para capacitar a los productores de arroz en la producción y empleo de ME-UCf y otros biopreparados a base de ME.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, R. (2013). Resultados de los ensayos de secano. Informe a la XV Reunión Nacional de Instructivos Técnicos de Arroz. La Habana.
- Cuba. Oficina Nacional de Estadísticas e Información. (2019). Anuario Estadístico de Cuba 2018 EDICIÓN 2019.
- Elmoghazy, A.M., & Elshenawy, M.M. (2019). Sustainable cultivation of rice in Egypt. In: Negm, A.M.; Abuhasim, M. (Eds.). Sustainability of Agricultural Environment in Egypt: Part I. Springer Verlag. pp. 119-144. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292020000200109](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292020000200109)
- Fernández, O. (2013). Microorganismos eficientes, usos y posibilidades de producción: resultados del empleo de microorganismos eficientes en Cuba. Sancti Spíritus.
- Flores, Y., López, F., & Villanueva, J. (2014). Efecto de los microorganismos eficaces (EM) y *Trichoderma* sp sobre la incidencia de *Fusarium* y *Sclerotium rolfsii* en una siembra experimental de pimentón. <http://www.sertox.com.Ar/retel/default.htm>.
- Haney, C. H., Samuel, B. S., Bush, J., & Ausubel, F. M. (2015). Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nat. Plants*, 1(6), 1-9.
- IIA. (2010). Instructivo Técnico del Arroz Popular: Instituto de Investigaciones del Arroz, MINAGRI. 2010.
- Maqueira, L. A., Miranda, A., & Torres, W. (2015) Crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz de ciclo corto en época poco lluviosa. *Rev. Cultivos Tropicales*, 30(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362009000300003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000300003)
- Milián Martí, P. R. (2015). Evaluación del efecto de ME-50 en la variedad de arroz Prosequisa-4 en el municipio Aguada de Pasajeros. [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo]. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. <http://intranet.ucf.edu.cu>.
- Montejo González, Y. (2011). Aplicaciones foliares para mejorar los rendimientos en la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) LP-5 en la Granja militar Romero, Sur del Jíbaro. [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez. Departamento Agropecuario.
- Morocho, M. T., & Leiva, M. (abril-junio 2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46 (2):93-103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>
- Moya Gil, M. (2017). Efecto de biopreparados sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de producción. [Tesis de maestría en Opción al Título Académico de Máster en Agricultura Sostenible], Universidad de Cienfuegos. <http://intranet.ucf.edu.cu>
- Moya, J.C. (2012). Cómo hacer microorganismos eficientes. Ministerio de agricultura y ganadería dirección regional central occidental. <http://fundases.com/p/sol-bac.html>
- Núñez, M. (2012). Brasinoesteroides y sus análogos. Aplicaciones Prácticas en la Agricultura: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Oficina Nacional de Normalización. (2008). NC 619:2008; Agricultura - Ensayos de semillas agrícolas - Determinación de pureza, otras especies en número y de la masa.
- Polo, M., & Alfonso, R. (2013). El arroz: un cereal imprescindible. <http://www.sld.cu/saludvida/temas.php?idv=4366>
- Puldón Padrón, V., Faure A. B., Cantillo P. I., & Toledo D. D. (2008). Catálogo de Variedades del Instituto de Investigaciones de granos. Instituto de Investigaciones de Granos (IIGranos) ISBN: 978-959-285-060-6.

Ramírez Coello, E.L. (2018). Alternativas en el manejo del chinche del arroz (*Oebalus insularis*) con la utilización de una fuente de microorganismos eficientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cantón Mocache – Los Ríos – Ecuador. [Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica.

Rodríguez García, M.J. (2017). Respuesta del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L), a la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal bajo condiciones de riego, en Vinces-Ecuador. [Proyecto De Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias para el Desarrollo. Carrera de Ingeniería Agronómica

Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Paulitz, T. (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297.

**CUBA Y EL TRANSITO A UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE**

CUBA AND THE ONE TRAFFICS TO A SUSTAINABLE AGRICULTURE

Alvaro Calzada Díaz de Villegas<sup>1</sup>E-mail: [acalzada@ucf.edu.cu](mailto:acalzada@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8044-7379>Jorge Luís Prieto Duarte<sup>1</sup>E-mail: [jlpuarte@ucf.edu.cu](mailto:jlpuarte@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4306-9337>Yoandris Socarras Armenteros<sup>1</sup>E-mail: [ysocarras@ucf.edu.cu](mailto:ysocarras@ucf.edu.cu)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8374-0685><sup>1</sup>Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Calzada Díaz de Villegas, A., Prieto Duarte, J. L., Socarras Armentero, Y. (2022). Cuba y el Tránsito a una Agricultura Sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 109-115. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

## RESUMEN

La agricultura en Cuba ha sufrido disímiles de transformaciones en la mayoría de los casos influenciado por presiones políticas y su marcada repercusión en su débil economía, en lo fundamental centradas en la limitación de tecnologías e insumos que afectan su buen desarrollo, la imperiosa necesidad de garantizar alimentos básicos a una creciente y más exigente población constituye una de las principales preocupaciones del gobierno cubano. Importante ha sido enfrentar los problemas generados por el colapso en sus relaciones comerciales con el bloque socialista en 1989-1990, las importaciones de alimentos, que suplían casi el 60 por ciento del consumo de calorías de la población, se redujeron a la mitad, la producción nacional debió llenar esa brecha y mantener las exportaciones que disminuyó en 80 por ciento y el suministro de petróleo para la agricultura se redujo al 50 por ciento. Cuba se ha visto forzada a enfrentar esta situación con sólo una parte de los productos químicos y maquinaria necesarios para mantener su sistema agrícola industrializado, tecnológicamente similar al de California. Esta situación hace de Cuba el primer ejemplo de un país que realiza un giro en gran escala en su sistema de producción agrícola, pasando de una agricultura convencional moderna a la agricultura orgánica y semiorgánica. Su estrategia ha sido la movilización de la infraestructura científica para sustituir con tecnologías locales los insumos no disponibles.

## Palabras Claves:

Nutrición, Seguridad alimentaria, Sostenibilidad, Vulnerables.

## SUMMARY

The agriculture in Cuba has suffered dissimilar of transformations in most of the cases influenced by political pressures and its marked repercussion in its weak economy, in the fundamental thing centered in the limitation of technologies and inputs that affect its good development, the imperious necessity to guarantee basic foods to a growing and more demanding population one of the Cuban government's main concerns it constitutes. Important it has been to face the problems generated by the collapse in their commercial relationships with the socialist block in 1989-1990, the imports of foods that replaced 60 percent of the consumption of the population's calories almost, decreased in half, the national production should fill that breach and to maintain the exports that it diminished in 80 percent and the supply of petroleum for the agriculture decreased to 50 percent. Cuba has been forced to face this situation just by a part of the chemical products and necessary machinery to maintain its industrialized agricultural system, technologically similar to that of California. This situation makes of Cuba the first example of a country that carries out a turn in great scale in its system of agricultural production, passing from a modern conventional agriculture to the organic agriculture and semiorganic. Their strategy has been the mobilization of the scientific infrastructure to substitute with local technologies the non available inputs.

## Key words:

Nutrition, Alimentary security, Sostenibilidad, Vulnerable .

## INTRODUCCIÓN

Actualmente se evidencian cambios en la sociedad que son cada vez más profundos y acelerados debido a los efectos de la globalización, lo cual, acompañado del crecimiento de las necesidades de la población incide en el detrimento de su desarrollo mientras que se incrementan las desigualdades sociales. Por lo tanto, esto condiciona la necesidad de buscar alternativas que permitan impulsar el mejoramiento de la calidad de vida de la población, momento donde los gobiernos y actores sociales se hacen responsables de fomentar su desarrollo y encaminar los esfuerzos en el diseño de políticas públicas que realmente estimulen el desarrollo local.

Las políticas de desarrollo local constituyen hoy un nuevo paradigma de desarrollo, al plantear la gestión pública ante los problemas derivados de la reestructuración productiva y la necesidad de adaptarse a las nuevas exigencias en los distintos territorios. Además de hacer uso eficiente de los recursos endógenos para satisfacer necesidades sociales crear empleo, dinamizar las economías locales y asegurar la sostenibilidad en el proceso de desarrollo. Esto implica abarcar una visión de conjunto de la producción a través de la Ciencia, Tecnología y Sociedad (en adelante CTS).

Hoy el contexto es de crisis sanitaria y económica internacional, altos precios de los alimentos, materias primas y combustibles además de las grandes afectaciones que á sufrido la agricultura en nuestro país debido a los fenómenos naturales, deterioro progresivo de las instalaciones productivas y tecnológicas, así como una maquinaria desgastada y sin piezas de repuesto. Esto hace más urgente la necesidad de poner a producir todas las tierras. A pesar de la existencia de experiencias puntuales, las generalidades de los municipios no han logrado encaminar su gestión a la implementación de procesos de desarrollo a escala local, por lo que se desaprovechan potenciales productivos de todo tipo que pueden contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población en ese espacio escenario clave donde la sociedad espera encontrar respuestas a sus necesidades y aspiraciones económicas, materiales, espirituales.

El mundo actual es muy diferente al de hace un siglo o más, esto es evidente y se acepta comúnmente, pero lo verdaderamente distinto, lo que hace a nuestro mundo diferente de todos los anteriores es el grado de desarrollo que han alcanzado la ciencia y la tecnología. Sin embargo, podría decirse que esto es normal; igual que otras actividades humanas como el arte o la música, la ciencia ha avanzado enormemente. Hay un hecho que hace que este desarrollo tecno científico merezca una atención especial: el hecho de que ese desarrollo ha sido de tal magnitud y naturaleza que ha afectado radicalmente las formas de vida de la sociedad. (Uribe, 2007)

El colapso del campo socialista disminuyó en un 80 por ciento la importación de insumos agrícolas y en un 50 por ciento el petróleo para la actividad, esto se asume como el elemento estimulador del paso de la agricultura convencional a la orgánica. (Roset, 1999)

Aunque durante los años iniciales de aplicación de la agricultura convencional en Cuba se obtuvo altos rendimientos y éxitos en el crecimiento de varios renglones productivos, ya en la segunda mitad de la década de los ochenta se percibió un decrecimiento de las producciones en general y un estancamiento de algunas de ellas. (Funes y Monzote, 2005)

### *Agricultura orgánica*

Ya desde finales de los años 80 se ha venido debatiendo en Cuba la necesidad de hacer una agricultura menos dependiente de insumos externos y más eficientes en el uso de los recursos disponibles, sin embargo pese a haberse obtenido resultados en su aplicación a nivel de investigación y comercial, la estructura organizativa existente como otros factores del modelo convencional imperante y el fácil acceso a los insumos no permitieron la generalización de los avances alcanzados durante esa etapa.

Los antecedentes en el estudio de las nuevas técnicas y alternativas a los diferentes sistemas convencionales de manejo, constituyeron la base para comenzar a solucionar algunos de los problemas más críticos, entre los principales campos de aplicación están las alternativas para la fertilización orgánica y la conservación de los suelos. (Funes y Monzote, 2005; Rosset y Benjamín, 1994)

Una mezcla entre las prácticas tradicionales de cultivo y de fertilización orgánica comunes en el campo cubano, traídas desde Europa por los inmigrantes españoles siglos atrás, y apropiadas estrategias de manejo del clima, las fases de la luna y muchas veces hasta creencias religiosas y dichos arraigados a la sabiduría campesina, permitieron sin duda, que este sector fuera el que mostrara una recuperación más convincente y en menor tiempo a la crisis de insumos, el proyecto de creación de la Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO) entre 1992 y 2000 sentó las bases para una futura red de agricultura orgánica cubana donde cada sector, organismo, institución u organización estuviera representada en una necesaria acción inter e intra disciplinaria, para lograr los objetivos holísticos de esta forma de hacer agricultura. La aplicación de la agricultura orgánica y la agroecología no es sólo un cambio de modelo tecnológico sino también de concepción agrícola, este proceso en lo particular implica una transformación de la conciencia social hacia la agricultura y el conocimiento de los ciclos y procesos naturales para su explotación racional, acorde con el contexto en que se desarrolle. (Funes y Monzote 2005)

### *Situación actual*

La agricultura cubana mantiene los mismos principios de su surgimiento, las insatisfacciones identificadas por Ramón de la Sacra en el siglo XIX reaparecen con diferentes matices en cada época, los motivos han sido diversos, en un principio los intereses colonizadores, luego la cultura tecnológica de los Estados Unidos de Norte América, después la política pos revolucionaria y la culturización agraria soviética junto a la subordinación productiva a los programas del CAME, por último un periodo

de crisis total llamado "Periodo especial" agudizado por un cada vez más crudo bloqueo económico de los EEUU contra Cuba vigente hasta la fecha.

Según la Oficina Nacional de estadísticas (ONEI), la economía cubana es altamente dependiente de la agricultura, a cuyo sector le corresponde alrededor del catorce por ciento del Producto Social Global, y más del 50 por ciento de las entradas en divisas. El área cultivable es de 7 100 000 ha, equivalente a 0,59 ha/habitante. Este sector emplea más del veintidós por ciento de la población del país, aunque solo el veinte por ciento de la población vive en áreas agrícolas. (ONEI, 2018)

El sistema cooperativo es ahora responsable de la mayor parte de la producción agrícola, las cooperativas de producción agropecuarias (CPA) y cooperativas de crédito y servicios (CCS) forman el sector agrícola privado, mientras que las unidades básicas de producción cooperativas (UBPC) utilizan en usufructo las tierras estatales, atendidas directamente por el sector estatal.

### *La mecanización en la agricultura cubana*

En el período colonial, el arado más común era el de madera, conocido en Cuba como el arado criollo. Era una versión del arado español, todavía se utiliza hoy en día. Los implementos agrícolas de metal comenzaron a introducirse a fines del siglo XIX. El arado de acero, denominado comúnmente arado americano por su procedencia de Estados Unidos, es aún el modelo básico de implemento de preparación de suelos y cultivo. Las versiones más conocidas son los modelos uno y uno y medio que se tiran por una yunta de bueyes, y los modelos dos y dos y medio para ser tirados por dos yuntas.



Figura 1. Yunta de bueyes tirando de arado americano

Otro modelo de arado con elementos de metal consta de un pértigo de madera y una reja de metal, de una vertedera para roturación y de dos vertederas para surcar y cultivar. Tiene una sola manceras, aunque hay versiones de dos manceras.

Los cultivadores de metal comenzaron a usarse a mediados del siglo XIX y aún son muy comunes. Los cultivadores de metal para tracción animal más conocidos son los

denominados cultivadores araña, que están formados por una estructura metálica en V, ajustable, en la que se colocan patas con tres a nueve rejas en forma de corazón o de cinceles, con los cuales se produce el desyerbe entre los surcos. Tras el triunfo de la revolución se fomentó la creación de grandes empresas agrícolas estatales con una alta mecanización, que ocupaban el 70 por ciento de las áreas agrícolas, mientras el 30 por ciento quedaba en manos de campesinos particulares y sus cooperativas.



Figura 2. Cultivador y grada de tracción animal

Se importaron numerosos tractores, combinadas y otros medios técnicos con el fin de mejorar la eficiencia de la agricultura cubana. Los tractores se importaban a razón de 5 000 por año, por lo que su número se incrementó en 10 veces, o sea, de unos 9 000 en 1959 pasó a más de 90 000 en 1990. Además del crecimiento numérico, la potencia media de los tractores aumentó, dentro de las acciones priorizadas por el país para remediar esta situación actualmente se encuentra la sustitución paulatina del parque de tractores por otros más modernos y eficientes. Durante los años del 2010 al 2013 se han adquirido un total de 2015 tractores con un valor total de 57 735 000.00 pesos. Esta medida de modernizar la agricultura cubana incluye, además, la compra de 51 688 máquinas agrícolas, hortícolas y forestales, así como 2669 máquinas cosechadoras y trilladoras introducidas al país en el mismo período. (Azoy et al., 2012; ONEI, 2014)

En el año 2000, el 86 por ciento de los 400 000 bueyes de trabajo se encontraban en manos del sector no estatal fundamentalmente de pequeños campesinos. La energía animal es ahora muy importante en este sector que es responsable del 67 por ciento de la tierra y representa la espina dorsal de la producción agrícola en Cuba, a pesar del número relativamente elevado de tractores, la tracción animal en Cuba es una tecnología de vital importancia a comienzos del siglo XXI. Actualmente el 38 por ciento de la capacidad energética de nuestra agricultura corresponde a los bueyes, la tracción animal seguirá siendo un factor económico de importancia vital en nuestra producción agropecuaria. No se avizoran perspectivas de crecimientos significativos, pero tampoco de disminuciones substanciales, los nuevos métodos de gestión económica en los que la relación entre costos y beneficios tiene la mayor importancia, harán que las tecnologías de bajos insumos encuentren el espacio adecuado en el sistema de producción. La tracción animal seguirá reconociéndose como una alternativa eficiente a la tracción mecanizada para los lugares y momentos en que se justifica desde el punto de vista económico. (Ríos y Cárdenas, 2002)

Nuevos convenios con Rusia y China están propiciando hoy la adquisición de alguna maquinaria dirigidos a programas estratégicos del país como son los programas del arroz, frijol y pastos y forrajes, no corriendo la misma suerte la producción de viandas y hortalizas. Estos equipos están dirigidos a empresas estatales recibiendo solo los productores privados asociados a estas y vinculados a los programas priorizados sus servicios, esto no varía la matriz energética para la mecanización agrícola del país.



Figura 3. Nuevas tecnologías adquiridas por la agricultura en Cuba

### *Tránsito hacia una agricultura de conservación*

Según **Friedrich, (2016)** La agricultura de conservación (AC) es un sistema agrícola sin labranza del suelo. AC en práctica está caracterizada por tres principios enlazados:

1. Disturbio mínimo de suelo en forma continua.
2. Cobertura orgánica permanente del suelo.
3. Diversificación de especies cultivadas en secuencia o asociación.

La Agricultura de Conservación para los grandes monopolios implica el uso de nuevos sistemas mecanizados, entiéndase nuevas tecnologías, uno de los principios característicos radica en la simultaneidad de actividades ejemplo cosecha – siembra, cada cultivo requiere de una tecnología diferente lo que implica sistema de implementos específicos, contar con una adecuada base de datos para la correcta aplicación de las tecnologías de la información, implementos de precisión y tractores de alta potencia. Todo esto implica una costosa inversión en el parque de maquinaria e implementos. Además, el 82.95 por ciento de la producción agrícola está en manos del sector campesino pero lo que implica que la extensión de tierra que trabajan no justifica el uso de estos equipos ni como servicios prestados. (ONEI, 2018)

El programa de agricultura de conservación en Cuba implica que hay que cambiar la forma de pensar sobre el uso de la labranza en los agricultores, investigadores y autoridades de gobierno. Casi todos hemos aprendido sobre la base de experiencias y el paradigma que para crear riquezas hay que labrar la tierra, pero esto no implica que hay que actuar sobre ella, al contrario hay que trabajar con ella, tenemos necesariamente que cambiar la mentalidad quizás es lo más difícil y principal limitante en la implementación de la agricultura de conservación, coincidimos con los estudiosos del tema que muchas veces los agricultores están más listo en cambiar sus mentes que científicos y políticos.

Ante estas condiciones se hace necesario agrupar los esfuerzos y gestionar un programa que permita dotar al sector agropecuario de las herramientas y conocimientos para desarrollar sistemas de producción bajo los modelos de la agricultura de conservación propiciando un uso eficiente de la maquinaria existente, garantizando el uso eficiente de los portadores energéticos y revertir los procesos de degradación del suelo en procesos regeneradores.

Estamos viviendo un profundo proceso de transformación social, que modifica tanto los modos de producción como las relaciones sociales, la organización política y las pautas culturales sobre bases de políticas de CTS. (Oliver et al., 2019)

### *La agricultura cubana y el "Proyecto de plan estratégico para Cuba (2021-2024)*

Según el Programa Mundial de Alimentos (WFP), el proyecto de plan estratégico para Cuba previsto entre los años 2021 y 2024 resume que, durante casi seis decenios, Cuba ha conseguido avanzar en la erradicación de la pobreza y el hambre otorgando acceso gratuito y universal a los servicios básicos y los programas de protección social. (WFP, 2020)

La seguridad alimentaria y la nutrición son prioridades de primer orden para el Gobierno cubano, según se indica en su Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030. (PCC, 2016) En la Constitución de la República de Cuba, aprobada en 2019, se consagra el derecho de las personas a la alimentación y se establece el objetivo de alcanzar la seguridad alimentaria para todos. Sin embargo, sigue habiendo importantes desafíos en materia de seguridad alimentaria y nutricional. (Gaceta Oficial, 2019) El Programa Mundial de Alimentos apoyará el Programa de Autoabastecimiento Municipal, que contribuye a reducir el volumen de las importaciones de alimentos; a los programas de alimentación escolar, de atención de la salud materno infantil y de atención a las personas ancianas; al plan para la prevención y el control de la anemia, a la Tarea "Vida", Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, y al Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional. El plan estratégico para el país está en consonancia con el Marco de Cooperación de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible

(2020–2024), con el fin de contribuir a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.” (WFP, 2020)

Desde su punto de vista como se trabaja en función del cumplimiento de los objetivos estratégicos que persigue el proyecto del plan, como se materializa el aporte del PMA al desarrollo sostenible de su territorio.

En tal sentido coincide la política trazada por la agenda para el desarrollo hacia el 2030 en Cuba con la teoría de Uribe, (2007) sobre la una percepción más ajustada y crítica frente a los temas de ciencia y tecnología, así como de sus relaciones con la sociedad lo cual es uno de los objetivos de la perspectiva CTS, ajustado a nuestro modelo social y teniendo como objetivo promover la participación pública de los ciudadanos en las decisiones que orientan los desarrollos tecnocientíficos con el fin de acercar a la sociedad las responsabilidades sobre su futuro.

### *Cuba y el “Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional”*

La política alimentaria y nutricional de la población cubana como prioridad del gobierno asume en la actualidad retos importantes, adicional al recrudecido bloqueo a nuestra economía, al deterioro de la tecnología existente en el país y la cada vez menos población productivamente activa en nuestros campos se suma la extendida pandemia mundial que desde finales del 2019 ha paralizado la economía mundial y limitado la posibilidad de importación y exportación con un marcado énfasis en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, el desarrollo científico técnico y el desarrollo de las fuerzas productivas calificadas permiten que el desarrollo local en Cuba asuma el rol de oxigenar la economía desde la gestión de satisfactores territoriales y la inyección de divisas para el desarrollo y la inversión. MINAG. (2020)

Contexto en el que se desarrolla en “Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional

Población rural muy deprimida.

Atractivo desarrollo industrial no asociado a la agricultura.

Población envejecida

Crecientes servicios de asistencia social

Creciente índice de informatización y globalización de la información científico técnica.

Decreciente disponibilidad tecnológica

Creciente degradación de los recursos naturales

Baja disponibilidad financiera

Recrudecimiento del bloqueo

Nuevo modelo económico y social

Pandemia mundial que hace de crecer la economía mundial y la nacional en más de un 10% en un año.

### *Componentes del modelo de “Soberanía Alimentaria”*

El componente uno es el “Modelo sostenible de producción” que contempla la aplicación de un enfoque agroecológico donde la gestión de los sistemas agrícolas sea sostenible, en función del ecosistema local y una correcta interrelación con la naturaleza que disminuya el uso de químicos sintéticos y productos importados. Una adecuada gestión del espacio mediante el ordenamiento territorial y urbano o gestión geoista de la producción donde esta va de lo local a lo territorial a lo nacional permitiendo el diseño de sus propias estrategias con una visión holística de los sistemas sociales, económicos, productivos y ambientales, todo en busca de la mejora de la eficiencia productiva, energética, económica y de los sistemas de gestión con un incremento de la estabilidad productiva y financiera, fortaleciendo la resiliencia socio ecológica, la adaptación y mitigación al cambio climático. De igual modo propiciar un aumento de la soberanía tecnológica y una producción sensible a la nutrición con énfasis en el balance de los grupos de alimentos, la producción de alimentos nutritivos, saludables e inocuos, el aumento de la diversidad productiva y funcional y la incorporación del enfoque y gestión de cadenas locales de valor junto al perfeccionamiento, desde el origen hasta el destino, de los sistemas de información vinculados con los alimentos.

Este componente se sostiene en la teoría de *Peña, (1990)* sobre la generalización de los principios culturales para el desarrollo de formas innovadoras en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

El componente dos hace hincapié en los elementos que garanticen la “Transformación y comercialización”, aseguramiento de la implementación de sistemas de gestión más eficientes, con garantía de la sanidad, inocuidad y calidad de los alimentos a través de la incorporación del enfoque y gestión de cadenas locales de valor para la garantía de la gestión logística de las cadenas de valor buscando precios asequibles al consumidor, correspondencia calidad-precio y la reducción de pérdidas en cosecha, postcosecha y comercialización. Buscar la accesibilidad y diversidad de envases mediante sistemas de envasado, formatos y presentación de los productos acorde con la demanda del mercado y el establecimiento de sistemas de trazabilidad para los alimentos además del incremento de la capacidad local de procesamiento y aprovechamiento de los residuos que prioricen circuitos cortos y diversificados de comercialización para la estabilidad, variedad y asequibilidad física y económica en la oferta de alimentos.

El componente tres ya desde una concepción de gestión local busca el acceso a recursos y la minimización de la dependencia de insumos externos tanto materiales como inmateriales, el manejo local de la producción y conservación de los recursos fito y zoogenéticos sobre la base del manejo sostenible de los recursos naturales y energías renovables, la integración de la gestión científica y la innovación a partir de una sistemática retroalimentación entre la ciencia y la práctica con la implementación de sistemas locales de extensión agraria e innovación tecnológica

priorizando y regulando la producción, importación y comercialización de equipamiento para la pequeña y mediana escala y el aumento de los incentivos para revertir la migración rural interna y el mantenimiento de la estabilidad laboral con la garantía de acceso a fuentes diversas de financiamiento a través del aprovechamiento de las potencialidades de la colaboración nacional e internacional y la gestión local de insumos productivos

El componente cuatro “Educación nutricional para la soberanía alimentaria” responde a la insuficiente cultura en ese sentido de la población cubana, y para revertir eso se propone la formación de valores para avanzar hacia modos de vida sostenibles con una integración de la Agroecología y la sostenibilidad entre los contenidos a impartir en el Sistema Nacional de Educación para la contribución a la educación nutricional desde los sistemas de salud y educación, así como de la labor de comunicación de las entidades y medios disponibles en todas las instancias, la producción de aplicaciones informáticas para consulta popular y técnica, enfocadas a la soberanía alimentaria y educación nutricional, los problemas con los enfoques de género y generacional están presentes en los sectores relacionados con la producción de alimentos en Cuba, sin embargo para su erradicación persisten patrones socioculturales y prejuicios que limitan la participación con equidad de mujeres y hombres en la producción de alimentos, y la incorporación de un mayor número de jóvenes a la actividad agropecuaria.

#### *Programa de autoabastecimiento Municipal de Cuba (PMA)*

Cuba una isla del Caribe expuesta a severos fenómenos climáticos, largas sequías e insuficientes recursos para el desarrollo de una agricultura de altos rendimientos, imposibilitada de satisfacer las demandas internas de alimentos en cantidad y calidad, dependiendo de las importaciones para cumplir con sus compromisos sociales básicos de alimentación y garantizar los insumos de la industria turística con surtidos de alta gama.

La Tarea “Vida”, Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, y al Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional, posibilitan disminuir las brechas entre demanda y oferta, necesidad y calidad. El Plan de Autoabastecimiento Municipal posibilita gestionar la producción de alimentos desde las localidades a través de plataformas multi sectoriales desde los gobiernos locales mediante una cartera estratégica con tres efectos visibles.

Efecto estratégico uno, las poblaciones que afrontan peligros múltiples mantienen el acceso a los alimentos durante y después de los desastres.

Efecto estratégico dos, para 2024, los grupos vulnerables desde el punto de vista nutricional de los municipios seleccionados han mejorado su estado nutricional y tienen una dieta más diversificada y nutritiva.

Efecto estratégico tres, para 2024, los grupos vulnerables se benefician de unos sistemas alimentarios locales más

resilientes a los efectos del cambio climático y de unas redes de protección social más eficaces.

Efecto estratégico cuatro, para 2024, las autoridades nacionales y locales disponen de mayores capacidades para gestionar unos sistemas alimentarios y nutricionales inclusivos, integrales y adaptables.

De esta manera se posibilitaría dar mejor atención a la demanda de los grupos vulnerables, mejorar las capacidades en materia de manejo de desastres y de preparación y respuesta ante emergencias; aumentar los conocimientos en materia de nutrición y dietas saludables. (Castillo y Ayala, 2021)

## CONCLUSIÓN

En la actualidad se evidencian cambios en el mundo que son cada vez más profundos y acelerados debido a los efectos de la globalización, lo cual, acompañado del crecimiento de las necesidades de la población incide en el detrimento del desarrollo social mientras que se incrementan las desigualdades sociales. Este contexto condiciona la necesidad de buscar alternativas que permitan impulsar el mejoramiento de la calidad de vida de la población, momento donde los gobiernos y actores sociales se hacen responsables de fomentar su desarrollo y encaminar los esfuerzos en el diseño de políticas públicas que realmente estimulen el desarrollo local. Las políticas de desarrollo local constituyen hoy un nuevo paradigma de desarrollo, al plantear la gestión pública ante los problemas derivados de la reestructuración productiva y la necesidad de adaptarse a las nuevas exigencias en los distintos territorios. Además de hacer uso eficiente de los recursos endógenos para satisfacer necesidades sociales crear empleo, dinamizar las economías locales y asegurar la sostenibilidad del todo el proceso de desarrollo.

La crítica situación creada en el agro cubano propició la transformación de la estructura agraria y el alcance de una nueva dimensión tecnológica, económica, ecológica y social, a fin de alcanzar la seguridad alimentaria con nuevos métodos y estrategias. Disímiles alternativas han sido empleadas en la búsqueda de una agricultura autosuficiente, basada en los recursos naturales disponibles y a menor escala.

El desarrollo científico técnico, la existencia de recursos humanos con elevada capacitación y la globalización de la información propician actualmente el cambio de visión acerca del desarrollo concentrado en centros urbanos y zonas de alta industrialización.

El nuevo modelo de gestión económica y social de Cuba propicia la autogestión integral de los factores productivos en el eslabón base, por otra parte, la necesaria integración de los actores locales más asequible a los productores y la necesaria retroalimentación con los consumidores, permite sustituir el centralismo por la visión territorial y la gestión vertical, horizontal o transversal por los sistemas de trabajos holísticos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azoy, A. C., Fernández, S. M., L. Shkiliova. (2012). "Cálculo de indicadores de consumo de lubricantes en los tractores. Estudio de caso." *Revista Ingeniería Agrícola*, Vol. 2(1), 47-51, ISSN- 2306-1545.
- Castillo Girón, V.Manuel, y Suhey Ayala Ramírez. «Organización y nuevos rasgos alimentarios en el campo mexicano. Alternativas productivas en Amega. Jalisco». *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 18, n.º 4 (2021). <https://doi.org/1022231/asyd.v18i4.1540>.
- Cuba. Organización Nacional de Estadística e Información. (2014), Anuario Estadístico de Cuba, Edición, Oficina Nacional de Estadística e Información, Sector Externo 2013, La Habana, Cuba. ISBN- 978-9597119-62-3
- Cuba. Organización Nacional de Estadística e Información. (2018), Indicadores seleccionados, (Enero – Septiembre), Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social, SECTOR AGROPECUARIO La Habana, Cuba, [usuario@onei.gob.cu](mailto:usuario@onei.gob.cu).
- Friedrich, Theodor. (2016). "Agricultura de Conservación y la Mecanización sostenible, Presentaciones y charlas públicas, FAO, Theodor.Friedrich@fao.org <http://www.fao.org/ag/>
- Funes-Monzote. Fernando, (2005), La agricultura cubana en camino a la sostenibilidad. LEISA, revista agroecológica. Volumen 7. Número 1.
- Gaceta Oficial de la República de Cuba, (2019, 19, 04), Constitución de la República de Cuba, edición Extraordinaria número 5, <http://www.gaceta oficial.gog.cu>
- MINAG. (2020, Julio, 22), Plan de soberanía alimentaria y educación nutricional de CUBA. Consejo Ministro.
- Olivet Rodríguez, Yosvel E., Alfonso Ortiz Rodríguez, y Cobas Hernández, D. (2019) «Efecto de dos sistemas de labranza mínima sobre la humedad del suelo Fluvisol para cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)». *Centro Agrícola* 48, n.º 1.
- Peña. Margarita. M. (1990). Reflexiones en torno al concepto de educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad en el contexto Latino Americano. *Ciencia y Sociedad*. Volumen XV. Número 1, enero-marzo 1990.
- Ríos, A., Cárdenas, J. (2002). La tracción animal en Cuba: una perspectiva histórica. (10). <http://www.recta.org>
- Roset. Peter Michael, (1999), Agricultura alternativa durante la crisis cubana. *Revista Manejo integrado de plagas y Agroecología*, d2. (52). <http://hdl.handle.net/11554/7187>
- Uribe. Carmenza, (2007, octubre) Ciencia, tecnología y sociedad: evolución y revoluciones, *Instituto de Química Universidad de Antioquia*; 18 (1)
- WFP, (2020, 16-20 de noviembre) /EB.2/Junta Ejecutiva Segundo período de sesiones ordinario Roma, DRAFT/1. (40)

**CARACTERIZACIÓN DE UNA FINCA FAMILIAR CAMPESINA EN TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA**

## CHARACTERIZATION OF A FAMILIAR PEASANT FARMSTEAD IN TRANSITION AGROECOLOGICAL

---

Yariel González Pérez<sup>1</sup>

E-mail: [yariel.gonzalez@umcc.cu](mailto:yariel.gonzalez@umcc.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5266-1212>

Jorge Luis Álvarez Marqués<sup>1</sup>

Email: [jorge.alvarez@umcc.cu](mailto:jorge.alvarez@umcc.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8655-2831>

Sergio Luis Rodríguez Jiménez<sup>1</sup>

Email: [sergio.rodriguez@umcc.cu](mailto:sergio.rodriguez@umcc.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9956-5199>

<sup>1</sup> Universidad de Matanzas. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

González Pérez, Y., Álvarez Marqués, J. L., Rodríguez Jiménez, S. (2022). Caracterización de una Finca Familiar campesina en Transición Agroecológica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 116-122. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

**RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en la finca campesina “La Gabriela” perteneciente a la CCS “Leovigildo Sierra” del municipio Pedro Betancourt en la provincia de Matanzas, con el objetivo de determinar sus potencialidades para producir alimentos y energía de forma sostenible y rentable. Para ello se realizó un diagnóstico agroecológico evaluando los indicadores de agrobiodiversidad y energía de la finca, utilizando los softwares Divers y Energía 3.01, obteniendo los principales indicadores con problemas en el agroecosistema proporcionándole a cada uno de ellos una posible solución. Asimismo, se calculó el Índice de Renovabilidad (IR) el cual es muy novedoso para evaluar el empleo de las diferentes fuentes renovables o no de energía que entran y salen del agroecosistema. Finalmente se destacaron las principales prácticas agroecológicas que se desarrollan en la finca y las posibles acciones que pueden llegar a transformarla en un sistema sostenible y gestionable agroecológicamente.

**Palabras claves:**

Diagnóstico agroecológico, energía, finca campesina.

**ABSTRACT**

The present work was carried out in the peasant farm “La Gabriela” belonging to the CCS “Leovigildo Sierra” of the Pedro Betancourt municipality in the Matanzas province, with the objective of determining its potential to produce food and energy in a sustainable and profitable way. For this, an agroecological diagnosis was made, evaluating the agrobiodiversity and energy indicators of the farm, using the Divers and Energy 3.01 software, obtaining the main indicators with problems in the agroecosystem, providing each of them with a possible solution. Likewise, the Renewability Index (IR) was calculated, which is very innovative to evaluate the use of the different renewable or non-renewable sources of energy that enter and leave the agroecosystem. Finally, the main agroecological practices that are developed on the farm and the possible actions that can transform it into a sustainable and agroecologically manageable system were highlighted.

**Keywords:**

Agroecological diagnosis, energy, peasant farm.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el sistema alimentario global se encuentra en una encrucijada: la agricultura debe hacer frente a los desafíos del hambre y la malnutrición en un contexto de crecimiento demográfico; mayor presión sobre los recursos naturales, en especial sobre los suelos y el agua; pérdida de biodiversidad, e incertidumbres relacionadas con el cambio climático. Mientras que en el pasado los esfuerzos se centraron en el fomento de la producción agrícola para producir más alimentos, los desafíos actuales, entre ellos el cambio climático, exigen un nuevo enfoque (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2014).

En Cuba, la producción de alimentos es una prioridad del Estado, aunque aún son insuficientes los resultados económico-productivos alcanzados para satisfacer las necesidades reales de productos agrícolas, a precios accesibles para la mayoría de la población (Jiménez, 2011). En base a esta carencia se están encaminando técnicas y métodos para producir alimentos naturales, rentables y que no causen daño al medio ambiente.

Lograr un diseño sostenible en la agricultura, significa combinar las prácticas tradicionales con las tecnologías actuales para conformar un modelo agrícola que permita el uso racional de los recursos naturales con mejores resultados y calidad en los alimentos. Hoy en día son muchos los agricultores y campesinos en general que, junto a organizaciones como las Cooperativas de Créditos y Servicios y Cooperativas de Producción Agropecuarias, emplean técnicas como la rotación, los policultivos y el aumento de la biodiversidad de sus agroecosistemas vinculando la ganadería con los cultivos, estableciendo un sistema de producción sostenible sobre bases agroecológicas.

Para evaluar el estado de los agroecosistemas que emplean estas prácticas conservacionistas, un grupo de investigadores de este tema, han ideado una serie de indicadores que permiten su evaluación. Aquí es donde juega un papel importante el diagnóstico agroecológico ya que permite identificar las potencialidades ambientales, productivas, económicas y sociales de cada sistema, así como las limitantes que impiden aumentar su eficiencia para mejorar su productividad.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, es objetivo del presente trabajo caracterizar el sistema agroproductivo de la Finca "La Gabriela" para proponer medidas de manejo y uso sostenible de sus recursos, que propicien su mejora agroproductiva, sostenibilidad y transición agroecológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca campesina "La Gabriela, municipio Pedro Betancourt provincia Matanzas, localizada a los 22, 8° de latitud norte y los 81, 4° de longitud oeste, la cual se caracteriza por una temperatura media anual de 24,5 °C, registrándose los valores más elevados del año en los meses de agosto (26,6 °C) y junio (26,4 °C), mientras los más bajos promedios mensuales se registran

en febrero (22,3 °C) y marzo (20,4 °C). La distribución temporal de las precipitaciones comprende dos períodos fundamentales, uno lluvioso entre mayo y octubre, donde ocurren más del 70% de las precipitaciones anuales y otro poco lluvioso entre noviembre y abril donde las precipitaciones están asociadas al paso de frentes fríos y a fenómenos subtropicales de bajas presiones. Los valores de la humedad relativa son elevados durante todo el año. El promedio anual es de 79,6%, con valores medios mensuales superiores a 75% durante casi todo el año, excepto el mes de marzo que tuvo un comportamiento promedio mensual de 70%, que constituye el mes menos húmedo del año, mientras en septiembre y noviembre, los meses de mayores reportes de humedad relativa alcanza valores del 85% y 83% respectivamente.

Para el diagnóstico y toma de datos se utilizó el "Modelo de Captura de Información para el Análisis de Sistemas del proyecto BIOMAS-CUBA". Se desarrollaron como principales determinaciones las siguientes:

### *Determinación de los índices de agrobiodiversidad*

Una vez identificadas las especies y la cantidad de individuos presente en el agroecosistema campesino, posteriormente se determinaron utilizando el software Divers los siguientes índices:

- Riqueza específica.
- Equitatividad.
- Diversidad de Margalef.
- Diversidad de Shannon-Winner.
- Diversidad de Simpson.

### *Determinación de la eficiencia energética y productiva*

Para obtener la información se emplearon diferentes herramientas con enfoques participativos e investigativo: diagnóstico rural rápido y participativo, (Mc Cracken et al., 1988 y Bellon, 2001 citados ambos por Funes et al., 2012), así como recorridos de campo, conversaciones y entrevistas semiestructuradas con los propietarios y miembros de la familia, revisiones de archivos de contabilidad y mediciones directas en el campo.

Se determinaron los indicadores energéticos utilizando el sistema computarizado Energía 3.01 teniendo en cuenta la producción vegetal y animal obtenida y los insumos externos utilizados durante el año 2018. Este sistema permite realizar el cálculo de 15 parámetros relacionados con la eficiencia energética del sistema productivo.

Los indicadores energéticos fueron: producción total, energía insumida, energía producida, cantidad de personas que alimenta el sistema en energía y en proteína, balance energético y costo energético de la producción de proteína.

Además, se calculó el índice de Renovabilidad energética a través de la siguiente fórmula (Vizcón et al., 2016):

$$IR = \frac{(Efero + Emaq + Eth + Eta)}{(Egas + Edies + Eherb + Eferq + Eelec + Efero + Emaq + Eth + Eta)} \times 100$$

Donde:

Efero- Energía de los fertilizantes orgánicos. Egas- Energía del gas natural.

Emaq- Energía de la maquinaria. Edies- Energía diésel.

Eth- Energía del trabajo humano. Eherb- Energía de los herbicidas.

Eta- Energía del trabajo animal. Eferq- Energía de los fertilizantes químicos.

Eelec- Energía eléctrica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la finca "La Gabriela"

La finca ha permanecido en manos de la familia desde los tiempos de la colonia en que España dominaba con mano dura nuestra isla. Desde esos tiempos hasta poco después del triunfo de la Revolución parte de la finca estaba sembrada de caña de azúcar, que en tiempos de zafra era recogida, transportada y cargada por carretas hasta el tren y destinada al central (actualmente conocido como Cuba Libre y que fuera desactivado con la Tarea "Álvaro Reynoso"). En toda la región la actividad económica fundamental era ésta; además del cuidado y la cría del ganado vacuno, porcino, equino y avícola. También se desarrollaban el cultivo del maíz (*Zea mays* L), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L), viandas y frutales como aguacate (*Persea americana* Mill.), mango (*Mangifera indica* L) y guayaba (*Psidium guajava* L). Con el triunfo de la Revolución se amplió parte de los terrenos de la finca y recientemente con la aplicación de "Decreto Ley No. 259" se llegó a las 18,3 ha. Actualmente se impulsan inversiones en la cría de cerdos y en el ganado vacuno, además del cultivo de granos, viandas y frutales.

Como se puede observar en la tabla 1, las áreas de la finca integran los componentes agrícolas y ganaderos, permitiendo un mejor uso de los recursos disponibles vinculados con el reciclaje de nutrientes, mejorando la eficiencia económica y energética, lo cual apoya el criterio de que el desarrollo de sistemas integrados de ganadería-agricultura permiten un balance energético entre los beneficios que provienen de la producción animal y vegetal, logrando una mayor eficiencia y producción, que de esta forma responden con las necesidades nutricionales,

Tabla 2. Composición social de la familia

Nombre	Género	Edad	Escolaridad	Ocupación
Mario González Luis	M	78	Primaria	Agricultor
Francisca Pérez Luis	F	73	Primaria	Ama de casa
Damaris González Pérez	F	47	Lic. Enfermería	Secretaría de la CTC
Esney Perera Jiménez	M	44	MININT	Miembro PNR y asociado
Amaury González Pérez	M	45	Secundaria	Agricultor
Eliecer González Pérez	M	50	Secundaria	Agricultor
Yariel González Pérez	M	24	Superior	Profesor Universitario

funcionales y existenciales del hombre. De acuerdo con Iglesias et al., (2011), estos sistemas integrados de producción ganadería-agricultura con bases agroecológicas intentan imitar las relaciones que se establecen entre las plantas y los animales en estado natural potenciando las capacidades productivas de ambos a partir del aprovechamiento de todos los recursos de la finca.

Tabla 1. Distribución y uso del área total de la finca

Campos	Área (ha)	Uso actual
1	0,90	Pastoreo
2	9,46	Pastoreo
3	1,28	Pastoreo
4	0,58	Pastoreo
5	1,79	Pastoreo
6	0,17	Pastoreo
7	1,10	Cultivos Varios
8	0,65	Cultivos Varios
9	0,27	Cultivos Varios
10	0,72	Pastoreo
12	0,27	Cultivo de frutales
13	0,47	Pastoreo
14	0,51	Pastoreo
Instalaciones 11	0,15	--
Área total	18,3	--

Un factor importante a evaluar es el aprovechamiento del área total de la finca, lo cual constituye un indicador para medir la sostenibilidad, pues manifiesta una mejor explotación de la misma garantizando mayores producciones; lo cual en este caso se cumple ya que se está aprovechando toda el área del agroecosistema en las diferentes ramas agropecuarias.

### Composición social

En la tabla 2 se muestra la composición social de la familia campesina González-Pérez, de la cual se pueden apreciar los siguientes elementos:

- Las edades de la familia van de los 78 hasta los 24 años (hijo más joven), con un promedio de 49 años.
- La composición de género es dos mujeres y cuatro hombres.
- La escolaridad: dos con sexto grado, uno con noveno grado, uno con nivel medio y dos con nivel superior.
- Los años de experiencia en el cultivo de la tierra y la ganadería van desde los 40 años (abuelo), hasta los cinco años (nieto).

En la finca el trabajo se desarrolla colectivamente aportando experiencias desde las diferentes edades, destacando el trabajo del propietario quien, junto a su hijo, han mantenido las tradiciones campesinas en cada labor que se desarrolla, inculcándolas hacia el resto de la familia manteniéndose un estrecho vínculo y respeto, sin diferencia de géneros e igualdad de criterios entre todos.

Con el uso de las bases metodológicas agroecológicas y la participación de cada uno, se pueden rescatar las tradiciones perdidas de los campos cubanos; de esta forma se puede enriquecer el potencial productivo e innovador de cada uno, creando espacios de aprendizaje intergeneracional vinculado a la experimentación campesina y a los diferentes centros de investigación, lo cual permitiría la formación de lazos comunicativos entre ambas partes obteniendo como resultados la participación activa de otras fincas creándose nuevos métodos y prácticas agroecológicas de acuerdo a las características de cada una, extendiendo de esta forma la comercialización y el conocimiento por los pueblos y las ciudades (Casimiro, 2016).

### Indicadores económicos

A partir del análisis económico realizado en el mes de octubre, los costos de producción fueron de \$ 3 125, ingresando \$ 14 800 obtenidos en la venta de animales y productos agrícolas, superando los costos de producción con una ganancia de \$ 11 675 lo cual pone a la finca como un agroecosistema rentable (Tabla 3), todo ello gracias al empleo de prácticas que vinculan la ganadería y la agricultura creando un modelo de producción adecuado, que permite obtener gran variedad de productos de origen animal y vegetal. Para los autores, transformar un sistema de producción convencional a un sistema de producción con enfoque agroecológico implica un cambio en la mentalidad del agricultor y también en la estructura de costos, lo que se convierte en un factor determinante para los agricultores a la hora de poner en práctica este tipo de sistema.

Tabla 3. Indicadores económicos de la finca campesina "La Gabriela"

índice	2018
Ingreso	\$ 14 800
Costo	\$ 3 125
Ganancia	\$11 675

### Caracterización de la flora y la fauna del agroecosistema

#### Identificación y conteo de las especies e individuos

En las tablas 4 y 5, se muestran las principales especies de animales, árboles y plantas identificadas en el agroecosistema, a partir de los cuales se realizó el cálculo de los índices de agrobiodiversidad (Moreno, 2001).

Tabla 4. Especies de árboles y plantas

Árboles y plantas	Nombre científico	Número de individuos
Frijol	Phaseolus vulgaris L.	100 000
Caña	Saccharum spp. L.	10 000
Boniato	Ipomoea batatas L.	48 309
Maíz	Zea mays L.	23 809
Plátano	Musa spp. L.	50
Guayaba	Psidium guajaba L.	20
Aguacate	Persea americana Mill.	10
Mango	Mangifera indica L.	8
Total		182 206

Tabla 5. Especies animales

Animales	Nombre científico	Número de individuos
Ganado mayor	Bosprimigenius taurus L.	40
Pollos	Pollardu spp.	30
Patos	Nomonyx dominicusz	20
Cerdos	Sus scrofa domestica L.	20
Guineos	Numidam eleagris	3
Total		113

### Valoración de los indicadores de la agrobiodiversidad

La tabla 6 muestra los índices de la agrobiodiversidad (Moreno, 2001).

Tabla 6. Índices de agrobiodiversidad de la finca

Índices	Valores obtenidos
Riqueza específica (S)	13
No. de individuos	182 289
Equitatividad (E)	0,43
Diversidad de Margalef (D(MG) )	0,99
Diversidad de Shannon (H)	1,11
Diversidad de Simpson (Dsp)	0,39

En primer lugar, tenemos 13 especies diferentes, entre animales y plantas, que se están explotando actualmente en la finca. El propósito fundamental del agroecosistema campesino es la producción de leche y carne bovina, pero se han desarrollado otras de producción agrícola y pecuaria lo cual enriquece la agrobiodiversidad y la producción.

En el muestreo realizado se identificaron 182 289 individuos entre plantas y animales, los cuales intervienen en el desarrollo productivo de la finca, con una equitatividad (E) de 0,43 (Tabla 6), que de acuerdo con Moreno (2001) su valor debe estar entre cero y uno y en la medida en que el resultado se aproxime a uno, mejor será el reparto de la abundancia de individuos entre las especies, un valor de uno, indica que todas las especies tienen la misma cantidad de individuos, lo cual es poco probable en cualquier agroecosistema. Esto nos indica que debemos incrementar el número de individuos de las especies menos favorecidas, para obtener una adecuada distribución entre cada una porque mientras mayor sea la diversidad del ecosistema, las especies y los genes, los sistemas biológicos tendrán mayor capacidad de mantener la

integridad de sus relaciones básicas (resiliencia) (Vidas, 2020).

El Índice de diversidad de Margalef, muestra la biodiversidad del agroecosistema, indicador importante y necesario para avanzar por el camino de la sostenibilidad agroecológica (transición) hacia una agricultura sostenible (Funes & Vázquez, 2016), el valor 0,99 obtenido indica que se debe incrementar la riqueza de especies. Hay que señalar que solo se tuvo en cuenta las especies productivas de la finca en ese momento, por lo que es importante aclarar que existe un número mayor de especies, tanto productivas como aquellas que pertenecen a la flora y fauna natural del agroecosistema y enriquecen los servicios ecosistémicos (SE) que generan mayores niveles de resiliencia, adaptabilidad, productividad y autosuficiencia (Melgarejo et al., 2020).

El Índice de diversidad de Shannon-Weaver utilizado para medir la biodiversidad específica, se expresa con un número positivo, que puede variar entre 0,5 y cinco, aunque su valor normal está entre dos y tres; valores inferiores a dos se consideran bajos en diversidad y superiores a tres son altos; el valor obtenido de 1,11 indica que la diversidad es baja, en tal sentido Blanco et al., (2014), obtuvieron resultados similares en una de sus fincas evaluadas, planteando que este problema está relacionado con el propósito productivo fundamental de la finca que es la producción de leche, por lo que es necesario trabajar en función de diversificar el agroecosistema con prácticas agroecológicas que permitan alcanzar valores medios de agrobiodiversidad de especies (Rodríguez et al., 2017, Lezcano et al., 2021).

El valor de 0,39 del Índice de diversidad de Simpson (Dsp) indica que existen algunas especies en mayoría, pero sin ejercer un efecto dominante en la comunidad, resultados similares fueron obtenidos por González (2018) quién reportó valores de 0,13 y 0,17 para los años 2016 y 2017 demostrando que existen especies como la fruta bomba (*Carica papaya* L.), guayaba (*Psidium guajaba* L.) y plátano (*Musa spp* L.) en mayoría, pero no ejercen un efecto dominante.

### Valoración de los indicadores energéticos y productivos

Los indicadores energéticos y productivos de la finca durante el año 2018, se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Principales indicadores energéticos y productivos de la finca

Indicadores	Unidad	2018
Área de la finca	ha	18,3
Producción total	t/ha	103,1
Consumo de energía	MJ/ha	2 186,3
Producción energética	MJ/ha	12 196,8
Producción proteica	kg/ha	217,9
Personas que alimenta en energía	personas/ha	2,8
Personas que alimenta en proteína	personas/ha	8,5

Eficiencia energética	MJprod./ MJimpor.	5,5
Índice de renovabilidad	%	53,6

En el caso de los indicadores energéticos se consumieron 2 186,3 MJ/ha para producir con los rendimientos obtenidos, 12 196,8 MJ/ha de energía, esto nos deja una eficiencia energética de 5,5 MJ/ha, lo cual manifiesta que el agroecosistema es rentable y no es totalmente dependiente de insumos externos ya que se aprovechan los potenciales de la agrobiodiversidad y se reducen daños, en tal sentido Rodríguez et al., (2017), plantearon que el manejo sostenible de los recursos propios en las fincas, con la minimización posible del uso de insumos externos sobre todo aquellos que presentan elevado costo energético, contribuye a un balance energético positivo y favorece el incremento de la eficiencia energética de los sistemas.

Altieri (2012) citado por Casimiro (2016) establece como indicador para medir la soberanía alimentaria de un agroecosistema, aquel que es capaz de alimentar a un número mayor de cinco personas por hectárea/año; respecto a esto, con la producción proteica de la finca alimentan 8,5 personas/ha, lo cual indica que contribuye con la soberanía alimentaria, aspecto vital para la supervivencia del campesinado (Boada, 2014 citado por Borrás et al., 2021).

Respecto al número de personas por hectárea que alimenta en energía el valor es menor que cinco por lo que se impone como reto implementar nuevas prácticas y métodos de integración que permitan elevar las producciones para alimentar más personas por hectárea en energía, resultados similares obtuvo González (2018) al realizar la evaluación de la finca familiar campesina "Australia".

En los agroecosistemas un interés especial lo reviste el Índice de Renovabilidad (IR) de la energía utilizada por el mismo, haciendo posible, en casos límite, utilizar como corrientes de energía de entrada al agroecosistema solo formas de la energía renovable, siendo esta la más demandada situación de explotación del sistema (Vizcón, 2014). Este índice, calculado como el cociente de dividir la energía renovable que entra al sistema (sin incluir la energía solar captada y utilizada por los cultivos para su desarrollo) entre la suma de todas las corrientes de energía que entran al agroecosistema (no renovables y renovables), debe alcanzar según Vizcón et al., (2016), valores superiores al 30% para caracterizar el tránsito de, "fincas integrales agroecológicas", a "fincas sostenibles gestionadas agroecológicamente"; para este caso se obtuvo un IR de 53% lo cual indica que la finca está transitando a la categoría de "fincas sostenibles gestionadas agroecológicamente", resultados que coinciden con los de González (2018).

### Caracterización de las principales prácticas agroecológicas

De acuerdo con la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) y el Ministerio de Agricultura (MINAG) citados por Yong et al., (2016), se están potenciando las

técnicas y buenas prácticas agroecológicas a todos los niveles, en particular el local, desarrollándose estrategias con la participación de los campesinos y sus familias para lograr un avance más rápido en el desarrollo agrario sostenible local sobre bases agroecológicas, para lograr los siguientes objetivos: recuperar los recursos naturales, incrementar la biodiversidad de los agroecosistemas, hacer más resilientes las fincas ante los impactos del cambio climático, incrementar las producciones para el autoconsumo y aportar a la soberanía alimentaria de los territorios e incrementar los ingresos que eleven la calidad de vida de las familias campesinas.

Los agroecosistemas manejados con prácticas agroecológicas se caracterizan por su diversidad y funcionalidad biológica, así como también, por las sinergias que estas establecen en la fijación de nitrógeno atmosférico, regulación del ciclo de nutrientes y el mantenimiento de la comunidad biológica y funcional en el suelo, que contribuye al control biológico (Bolaños, 2020).

En el agroecosistema estudiado se aplican un grupo de prácticas agroecológicas que hacen posible el cumplimiento de los objetivos antes mencionados:

- Utilización de estiércoles.
- Uso de residuos de cosecha.
- Empleo de la tracción animal.
- Cercas vivas.
- Asociación de cultivos.
- Rotación de cultivos.
- Conservación de semillas.
- Empleo de coberturas vivas y muertas.

La utilización de estiércoles de origen bovino para la fertilización orgánica de los cultivos y el suelo es uno de ellos. Respecto a este tema Sánchez et al., (2011) plantearon que el estiércol contiene un buen número de nutrientes para las plantas; reportando incrementos en las cosechas y mejora en las propiedades del suelo. Aunque la finca no cuenta con un estercolero, cercano a la misma se encuentra un centro para la cría de terneros perteneciente a la UEB-Granja No.7 "Gonzalo", el cual facilita la obtención de abonos orgánicos para ser aplicados a los cultivos. En el caso de las áreas de pastoreo, el ganado permanece prácticamente todo el tiempo en las mismas por lo que la fertilización del pasto se hace de forma directa, se debe aclarar que se tienen en cuenta la carga animal y el sobrepastoreo puesto que se le suministran otros alimentos al ganado.

El uso de residuos de cosecha que se utilizan para la alimentación directa del ganado, siendo este un importante elemento que aporta energía o proteína; en dependencia de las características fisiológicas de la planta y del tipo de residuo que se emplee como alimento para el ganado, lo cual contribuye con el balance alimentario de los mismos.

En el agroecosistema se utiliza la tracción animal en las labores agrícolas y pecuarias con el traslado de la caña u otro alimento para el ganado. Este es un elemento vital para cualquier finca ya que se reducen gastos en combustible, no se contamina el medio y humaniza aún más las labores en el campo.

El empleo de cercas vivas es un elemento muy difundido actualmente por las bondades que estas presentan, respecto al tema Murgueitio et al., (2008) citado por Morantes y Renjifo (2018), plantean que los sistemas productivos con cercas vivas son una estrategia de manejo del paisaje rural, la cual no solo contribuye a la recuperación de la diversidad biológica sino también al aumento de la productividad y los rendimientos económicos de los sistemas productivos. En la finca este indicador se ha incrementado con los años sustituyendo postes de madera y concreto por postes vivos de almácigo (*Bursera simaruba* L. Sarg.) y piñón florido (*Glirycidia sepium* Lamk.), previendo para el futuro la utilización de árboles frutales en estos sistemas.

Respecto al manejo de los cultivos, en la finca se desarrollan asociaciones y rotaciones de cultivos como métodos para reducir los daños ante ataques de plagas y enfermedades, mejorar y proteger las propiedades del suelo ante eventos degradativos como la erosión, uniéndose a esto el uso de la cobertura viva del suelo con cultivos densos como la calabaza (*Cucurbita moschata* (Lam.) Poir), la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y los frutales como se ha planteado anteriormente.

Por último, la conservación de las semillas, en el caso de los granos se hace de forma tradicional con el secado de los mismos y posteriores almacenamientos empleando pipas o tanques para este fin. Las semillas utilizadas para el cultivo del boniato (propágulos, esquejes o rejos) se extraen de un área o campo determinado que se emplea como banco de semilla y campo de cultivo a la vez. En el caso de la yuca, generalmente las estacas se traen de otras fincas o áreas de producción de este cultivo que pertenecen a una entidad cercana.

## CONCLUSIONES

La producción total de la finca fue de 103,06 t, favoreciendo los indicadores económicos que resultaron eficientes con una ganancia de \$ 11 675, lo que sitúa a la finca como un agroecosistema rentable.

Resultaron identificadas 13 especies productivas, con 182 289 individuos, con lo que se alcanza una equitatividad de 0,43 y valores de 0,99: 1,11; y 0,39 para los Índices de diversidad de Margalef, de Shannon-Weaver y Simpson (Dsp), respectivamente, valores que indican la necesidad de incrementar la agrobiodiversidad.

La eficiencia energética de la finca es de 5,5 MJ/ha, alimentando a 8,5 y 2,8 personas/ha en proteína y energía, respectivamente.

El Índice de renovabilidad alcanzó el 53% lo que corrobora que la finca está transitando a la categoría de "finca sostenible gestionada agroecológicamente".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, D., Suárez; Funes-Monzote; F.R., Boillat, S., Martín, G., & Fonte, L. (2014). Procedimiento integral para contribuir a la transición de fincas agropecuarias a agroenergéticas sostenibles en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 284-290.
- Bolaños, E. M. (2020). Impacto de las prácticas agroecológicas sobre la conservación, incremento o interacción de servicios ecosistémicos en suelos agrícolas: Revisión de Literatura. [Tesis Ingeniero]. Escuela Agrícola Panamericana.
- Borrás-Escayola, M., Casimiro-Rodríguez, L., & Suárez-Hernández, J. (2021). Evaluación de la resiliencia socioecológica en seis fincas de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44:eE26.
- Casimiro, L. (2016). Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba. Colombia. (Tesis Doctoral). Universidad de Antioquía. Medellín.
- Funes, F., & Vázquez, L. (2016). Avances de la agroecología en Cuba. Editora Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.
- Funes-Monzote, F., Martín, G., Suárez, J., Blanco, D., Reyes, F., Cepero, L., Rivero, J. L., Rodríguez, E., Savran, V., Del Valle, Y., Cala, M., Vigil, M.C., Sotolongo, J. A., Boillat, S., & Sánchez, J. (2012). Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 445-462
- González, Y. (2018). La finca familiar campesina "Australia": camino a la sostenibilidad. [Trabajo de Diploma en opción al Título Académico de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Matanzas.
- Iglesias, J. M., Funes, F., Machado, H., & Soca, M. (2011). Los sistemas integrados de producción agropecuaria como alternativa agroecológica (experiencia Cubana). *Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2(1), 128-139.
- Jiménez, R. (2011). Agricultura cubana. Las nuevas transformaciones. *Tempo presente*, 12(12), 5-13.
- Lezcano-Fleires, J. C., Miranda-Tortoló, T., Oropesa-Casanova, K., Alonso-Amaro, O., Mendoza, I., & León-Hidalgo, R. (2021). Caracterización de la situación agroproductiva de una finca campesina en Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44:E29.
- Melgarejo, V., Bautista, S., & Camargo, M. (2020). Challenges and trends in the valuation of ecosystem services in agro-ecosystems: a systematic revision. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(3), 1-32.
- Morantes, J. L., & Renjifo, L. M. (2018). Cercas vivas en sistemas de producción tropicales: una revisión mundial de los usos y percepciones. *Biología Tropical*, 66(2), 739-753.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas del simposio Internacional de la FAO. Roma. 466p.
- Rodríguez-Izquierdo, L., Rodríguez-Jiménez, S.L., Macías-Figueroa, O.L., Benavides-Martell, B., Amaya-Martínez, O., Perdomo-Pujol, R., Pardo-Mesa, R., & Miyares-Rodríguez, Y. (2017). Evaluación de la producción de alimentos y energía en fincas agropecuarias de la provincia Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 4(3), 222-229.
- Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). Management alternatives of soil fertility in livestock production ecosystems. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.
- Vidas, M. P. (2020). El rol de las especies aromáticas en un manejo sustentable de agroecosistemas del Cinturón Hortícola Platense. [Tesis Ingeniero]. Universidad Nacional de la Plata.
- Vizcón, R. (2014). Indicadores de uso de las fuentes renovables de energía en los sistemas de producción agropecuaria. Evento Cuba Solar. 2014. Habana, Cuba.
- Vizcón, R., Rodríguez, S. L., & Benítez, Z. (2016). Diagnóstico agroecológico y agroenergético de fincas campesinas. IV Congreso Internacional Agrodesarrollo. Matanzas. Cuba.
- Yong, A.; Crespo, A., Benítez, B., María I. Pavón; M. I., & Almenares, G. R. (2016). Uso y manejo de prácticas agroecológicas en fincas de la localidad de San Andrés, municipio la Palma. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 15-21

# 16

Recibido: mayo, 2022 Aprobado: julio, 2022 Publicado: agosto, 2022

## NECESIDADES HÍDRICAS DEL MAÍZ (*ZEAMAYS L.*) EN LA CPA “MÁRTIRES DE BARBADOS”

WATER NEEDS OF MAIZE (*ZEAMAYS L.*) IN THE CPA “MÁRTIRES DE BARBADOS”

Lisset Ponce Rancel<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0889-7492>

Reinaldo Pérez Armas<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-8993>

José Carlos Sardiñas Montalvo<sup>2</sup>

E-mail: [Jose.sardinas63@gmail.com](mailto:Jose.sardinas63@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1554-492X>

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

<sup>2</sup>Delegación Municipal de la Agricultura Cienfuegos, Buenavista, Cienfuegos. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ponce Rancel, L., Pérez Armas, R., Sardiñas Montalvo, J. C. (2022). Necesidades hídricas del maíz (*Zeamays L.*) en la CPA “Mártires de Barbados”. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 123-130. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

Con el objetivo de determinar las necesidades hídricas del cultivo del maíz establecido en la CPA “Mártires de Barbados”, partiendo del cálculo de la evapotranspiración de referencia, se desarrolló el presente trabajo en el periodo comprendido de septiembre del 2020 a septiembre del 2021. Se desarrolló una investigación no experimental de tipo explicativa para lo cual se realizó observaciones y análisis de documentos. Se recopiló la información del comportamiento de las principales variables meteorológicas con las que se determinó la evapotranspiración de referencia, la del cultivo y el régimen de riego de proyecto con el empleo del Software CROPWAT. Fue corregido el régimen de riego y se propuso el de explotación. Como resultados principales se obtiene que las necesidades hídricas reales del cultivo del maíz no se conocen por lo que el riego se maneja de manera empírica desaprovechando una parte de las lluvias caídas, se aplica más agua de la que el cultivo requiere y es mayor el número de riegos aplicados.

### Palabras clave:

CROPWAT, Evapotranspiración, necesidades hídricas, pivote central, Régimen de riego.

### ABSTRACT

With the objective of determining the water needs of the maize crop established in the CPA “Mártires de Barbados”, based on the calculation of the reference evapotranspiration, the present work was developed in the period from September 2020 to September 2021. developed a non-experimental investigation of an explanatory type for which observations and analysis of documents were carried out. Information was collected on the behavior of the main meteorological variables with which the reference evapotranspiration, that of the crop and the project irrigation regime were determined with the use of the CROPWAT Software. The irrigation regime was corrected and the exploitation regime was proposed. As main results, it is obtained that the real water needs of the corn crop are not known, so the irrigation is managed empirically, wasting a part of the rains that fell, more water is applied than the crop requires and the number is greater. of applied risks.

### Key words:

CROPWAT, Evapotranspiration, water needs, central pivot, Irrigation regime.

## INTRODUCCION

El cambio climático está ocasionando una serie de cambios a nivel global, regional y local lo que tendrá impactos importantes en la agricultura, que es uno de los sectores más sensibles a las condiciones del clima (Viguera et al., 2017), especialmente a pequeña escala en zonas vulnerables de producción agrícola, requiriendo de acciones que puedan hacer de la agricultura una actividad más sostenible con el ambiente.

El crecimiento constante de la población, la obligación de satisfacer sus necesidades, unido a una desproporcionada mentalidad de crecimiento económico sin fundamentos de sostenibilidad, pone en una posición yuxtapuesta, la problemática del agua y el Cambio Climático (Castro, 2021)

La disminución de los recursos hídricos disponibles causa problemas críticos de escasez de agua. En consecuencia, ganan importancia los estudios para hacer estimaciones precisas del consumo de agua del cultivo (Amiri et al., 2012; Bozkurt-Colak, 2019; Opoku et al., 2019)

La agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, pues a este sector se destina anualmente el 70 % del agua total utilizada en el planeta. Son dos los factores fundamentales que influyen en este alto consumo de agua: la gran demanda de agua por unidad de producción que tienen los productos agrícolas y las eficiencias globales de riego que en general es baja.

En este contexto, es cada vez más importante dirigir los esfuerzos para suministrar al cultivo las cantidades de agua que realmente demanda y que no han sido cubiertas con las precipitaciones.

En el 60 Encuentro del Consejo Ejecutivo de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y la 5<sup>a</sup> Conferencia Regional Asiática, este fue un aspecto analizado y se constató un aumento significativo de la eficiencia del riego (hasta en un 20 %) solo con mejoras en la operación de los sistemas y el manejo del riego (Madramootoo y Helen Fyles, 2010; Mukesh y Kapadia, 2010).

En los próximos años, se prevé que se produzca una revolución en la agricultura de regadío a nivel mundial, incrementándose la superficie beneficiada, realizándose nuevas infraestructuras, instalándose nuevos sistemas que conlleven el aumento de la eficiencia del riego y en muchas zonas regables se producirá un cambio del tipo de cultivo. De cara a afrontar los retos que conlleva esta revolución, hay que tener en cuenta los principales impactos negativos sobre el medio ambiente que tiene actualmente la agricultura de regadío (contaminación de las masas de agua, sobreexplotación de acuíferos, salinización de las tierras de cultivo, etc.), a lo que hay que añadir los efectos del cambio climático, que provocará que los periodos de sequía se intensifiquen y la disponibilidad de agua para agricultura será menor.

En Cuba, la agricultura es también el principal consumidor de agua dulce disponible. El Anuario Estadístico de Cuba 2017 refiere que, en ese año, se extrajo un volumen

total de agua dulce de 6 661 millones de metros cúbicos y que, de estos, se consumieron en la agricultura 3 420 millones, lo que representa el 51,3% del total. En cuanto al agua dulce superficial, de un total de 3 877 millones de metros cúbicos, se emplearon en la agricultura 2 031 millones, lo cual representa un 52,4%, valor similar al consumo de agua dulce subterránea que alcanzó casi el 50% del agua dulce total (ONEI, 2018). La agricultura como principal consumidor de agua dulce, trabaja en la disminución el consumo de agua y una de las vías fundamentales para lograrlo es el aumento de la eficiencia en el uso del agua de riego y en el incremento de la productividad del agua.

El volumen de agua demandado por tonelada de producto agrícola, así como, la eficiencia en el uso de esta durante el riego, son los principales factores que condicionan su consumo. La gestión del riego determina cuándo y cuánto regar, sobre la base de las necesidades de agua de los cultivos, las características del suelo y las condiciones climáticas (Vázquez et al., 2017).

En la provincia de Cienfuegos en general y en la CPA "Mártires de Barbados" en particular, la no utilización de una programación del riego ajustada a las exigencias de cada cultivo a partir de la influencia del clima, del suelo y las características de la planta, son una de las principales causas de uso excesivo del agua de riego lo que conllevó a la realización de este trabajo con el objetivo de Determinar el comportamiento de las necesidades hídricas del maíz, en las condiciones edafoclimáticas de la máquina de PIVOT central 4, de la CPA "Mártires de Barbados".

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la CPA "Mártires de Barbados", la que se encuentra entre las coordenadas geográficas: X = 560 – 566, Y = 244 – 246, en el Consejo Popular Rancho Luna, perteneciente al municipio Cienfuegos (figura 1). Limita al norte y al sur con la Empresa Pecuaria La Sierrita, al este con la Granja Santa Martina de la Empresa Hortícola Cienfuegos y al oeste, con áreas de la Empresa Forestal Integral. El periodo de estudio estuvo comprendido de mayo hasta octubre de 2021



Figura 1. Ubicación geográfica de la CPA "Mártires de Barbados"

El estudio abarcó la distribución representativa de los valores medios diarios de temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento. El comportamiento de las variables climáticas se tomó del Centro Meteorológico Provincial.

Del Departamento Provincial de Suelo se tomó la caracterización de los suelos predominantes de la unidad objeto de estudio.

El cultivo seleccionado para el estudio fue el maíz, con la variedad maig 5461 cat:CL:6-5160-18-1 con un porcentaje de germinación de un 73% y la variedad maiz maig 5461 cat: CL:6-5071-17-1 con un porcentaje de germinación de 75 %. La siembra se realizó el 25 de mayo de 2021 con una distancia de plantación de 0.70 m x 0.25 m. La cosecha del cultivo se efectuó el 25 de septiembre de 2021

### Evapotranspiración de referencia

Para conocer la evapotranspiración y por tanto las necesidades hídricas del cultivo seleccionado primero se realizó el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>), que permite predecir los efectos del clima en la Evapotranspiración del Cultivo (ET<sub>c</sub>). Para el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) se utilizó el software CROPWAT (FAO, 2006), cuya ventana principal se representa en la figura 2. Este programa se fundamenta en el empleo de la fórmula de Penman-Monteith modificada por la FAO, que se basa en la relación que existe entre la radiación solar y la evapotranspiración.

Ecuación de Penman-Monteith.

$$E_o = \left[ \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{0}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{\theta}{T + 273} u_2 (e_s - e_a) \right]$$

Donde:

ET<sub>o</sub>: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

g\*: constante psicrométrica modificada utilizada en el método de Penman-Monteith (mbar/°C)

es – ea: déficit de presión de vapor (mb)

es: presión de vapor a saturación a la temperatura promedio del aire (mb)

ea: presión de vapor tomada a la temperatura a punto de rocío (mb)

L: calor latente de vaporización (cal/gr)

g: constante psicrométrica

D: pendiente de la curva de presión de la saturación de vapor a una temperatura específica (mbar/°C)

R<sub>n</sub>: energía de radiación neta (cal/(cm<sup>2</sup> día)

T: temperatura promedio (°C)

G: flujo termal del suelo (cal/cm<sup>2</sup>)

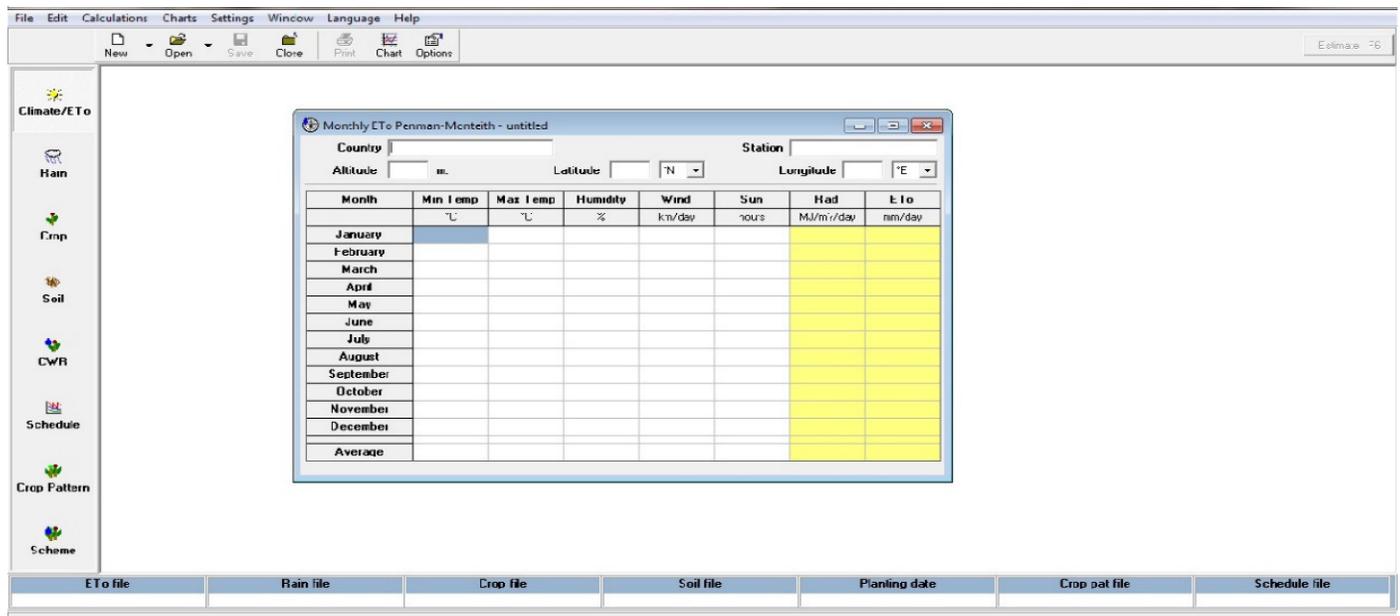


Figura 2: Ventana principal del Software para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia, CROPWAT.

Los valores de las variables meteorológicas que constituyen datos de entrada para el programa CROPWAT fueron tomados del centro meteorológico provincial

### Determinación de la evapotranspiración del cultivo

Conocida la ET<sub>o</sub> y con los valores de K<sub>c</sub> de los cultivos objeto de estudio, se calcula la Evapotranspiración del

cultivo y por tanto, las necesidades hídricas de los mismos a partir de la expresión:

$$E_c = E_o \times K_c$$

Donde:

E<sub>c</sub>: evapotranspiración del cultivo

K<sub>c</sub>: coeficiente del cultivo

E<sub>o</sub>: evapotranspiración de referencia

En el cultivo seleccionado se tuvo en cuenta:

- Variedad
- Fecha de siembra
- Profundidad efectiva
- Agrotecnia aplicada
- Fecha de cosecha

### Régimen de riego de proyecto y de explotación

A partir de los datos de clima, suelo, cultivo y técnica de riego se obtiene como una salida del programa CROPWAT una programación del riego considerada de proyecto toda vez que utiliza como datos del clima los valores de una serie histórica (1981-2010) y que permite ser corregido a partir del comportamiento en tiempo real de las mismas variables y sobre todo la lluvia lo que permite llegar al régimen de riego de explotación

el de más altas temperaturas, pero si el segundo en más baja humedad relativa y, sobretodo el de mayor velocidad del viento promedio, demostrando así su alto poder evaporante. Valores similares de la E<sub>o</sub> fueron obtenidos en un estudio realizado por Duarte et al., (2017) en la región occidental de Cuba para estimar las normas netas a futuro en cuatro cultivos de interés entre lo que está el maíz.

Conocida la evapotranspiración de referencia se puede determinar la evapotranspiración del cultivo y con esta planificar certeramente los elementos del régimen de riego tales como la dosis, norma o lámina de agua aplicar, la fecha y el intervalo de riego y con ello suplir las necesidades hídricas del cultivo que no son cubiertas con la lluvia

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Evapotranspiración de referencia

La Cooperativa de Producción Agropecuaria Mártires de Barbados está comprendida en la región climática Tropical poco húmeda de zonas costeras. Son territorios calientes, ligeramente lluviosos en el período húmedo y en invierno presentan humedad baja, sometida a la influencia de vientos locales (brisas terrales) abarcando una zona de llanuras que bordea la bahía de Cienfuegos y las costas. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 23 y 26 °C durante el período seco y 26 y 28 °C en el período húmedo. Las precipitaciones son relativamente abundantes con una media anual de 1384 mm. La humedad relativa media es del 76 % y la dirección predominante de los vientos es del NE, siendo su velocidad predominante de 6.5 m.s<sup>-1</sup>

A partir del comportamiento de las variables meteorológicas en la serie histórica 1981-2010 se pudo determinar, con el software CROPWAT 8.0, la evapotranspiración de referencia (E<sub>o</sub>) para los meses que comprendió el estudio cuyos resultados se muestran en la tabla 1. Como se aprecia en la propia tabla, los datos de entrada para determinar la E<sub>o</sub> son parámetros climáticos por lo que la E<sub>o</sub> es también un parámetro climático. Este valor expresa el poder evaporante de la atmósfera en la localidad y época del año especificada, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo (Hervis, 2018).

El valor más alto de la evapotranspiración de referencia promedio diaria corresponde al mes de mayo que no es

Tabla 1. Comportamiento de las variables meteorológicas

Meses	Temperatura		Humedad relativa (%)	Velocidad Viento (m.s-1)	Insolación (h)	Radiación solar (MJ.m <sup>-2</sup> .día <sup>-1</sup> )	E <sub>o</sub> (mm.día <sup>-1</sup> )
	Mínima (°C)	Máxima (°C)					
Mayo	21.4	31.8	73	7.0	8.3	22.4	6.24
Junio	22.8	32.4	78	5.2	7.2	20.8	5.40
Julio	22.8	33.1	77	4.9	8.6	22.8	5.82
Agosto	22.9	32.9	79	4.3	7.3	20.5	5.20
Septiembre	22.7	32.2	82	4.0	7.0	19.0	4.57
Promedio anual	20.3	30.7	76	6.5	8.0	19.5	5.23

Fuente: programa CROPWAT

### Precipitaciones caídas y aprovechadas

La lluvia es otro de los elementos a considerar en la planificación del riego. De su magnitud, frecuencia e intensidad depende la cantidad que es retenida por el suelo para convertirse en humedad aprovechable por las plantas. La diferencia numérica entre el valor de la evapotranspiración que debe experimentar la planta y la lluvia aprovechable es la cantidad de agua que debe garantizarse con el riego. Disponer de estos datos y de una herramienta como el programa CROPWAT facilitan la toma de decisiones para poder decidir cuándo y cuánto regar dejando atrás obsoletos métodos como el de intervalos y dosis fijas que solo logran derrochar agua, afectar el suelo, las fuentes de agua, los cultivos y la economía.

Teniendo como fortaleza la existencia de un pluviómetro en la propia CPA, el cual pertenece a la red del Instituto de Recursos Hidráulicos, se dispone de una información más precisa de esta variable climática y de fácil acceso para su uso en la gestión agrícola.

Las precipitaciones medias en los meses del estudio alcanzan valores altos considerando que el mismo se encuentra dentro del periodo de la primavera. Los meses de agosto y septiembre son los más lluviosos con valores de 255 mm y 223 mm respectivamente. Según el cálculo que realiza el programa CROPWAT, de la lluvia total caída solo el 66,3 % se considera efectiva, es decir que es retenida por el suelo y empleada por el cultivo con los meses de julio a agosto como los más lluviosos (ver tabla 2)

Los valores reportados para igual periodo en el propio año en que se desarrolló el cultivo son inferiores a los medios históricos y llegan hasta los 656,2 mm, con julio y agosto como los más lluviosos. Si bien el comportamiento histórico de las precipitaciones es importante a la hora de establecer un régimen de riego de proyecto, muy importantes es lo que ocurre en el propio año en que se desarrolla el cultivo, lo que permite corregir el mencionado régimen de riego y atender así a las verdaderas necesidades hídricas que las lluvias no supe. Es importante cuantificar a nivel de sistema de riego las precipitaciones caídas y de estas las que se consideran efectiva para enfrentar los efectos del cambio climático toda vez que como resultado del mismo se espera, según Duarte et al., (2017), una reducción considerable de las precipitaciones para el futuro cercano

Tabla. 2 Comportamiento de las precipitaciones desde mayo hasta septiembre en el periodo 2000-2012 y en el 2021

Meses	Precipitaciones (mm)		
	Caída	Efectiva	2021
Mayo	121,8	98,1	145,7
Junio	183,7	129,7	90,4
Julio	172,3	124,8	338,7

Agosto	255,1	137,8	225
Septiembre	223	143,4	18,4
TOTAL	955,9	633,8	656,2

Fuente: a partir del Software CROPWAT

### Evapotranspiración del cultivo del maíz en la CPA "Mártires de Barbados"

Los requerimientos decenales de agua expresados por la evapotranspiración del cultivo (ETc) en ese periodo de tiempo y la precipitación efectiva o aprovechable son elementos esenciales para conocer la fracción que será cubierta con el riego y con ello planificar la fecha y las dosis

Las necesidades decenales de agua para el maíz, según el programa CROPWAT, para las condiciones edafoclimática y época de siembra muestra valores que van en ascenso en la medida que el cultivo avanza en su desarrollo y crece con ello la demanda de agua, como se observa en la tabla 3. Este valor permite decidir la programación del riego considerando la fracción de estas necesidades que no ha sido cubierta con la lluvia

En el lugar donde se realiza el estudio se puede aplicar con exactitud el agua requerida por el cultivo al disponer de un sistema estacionario, una máquina de pivote central, que solo atiende un área específica y no rota por otras áreas. Además, se cuenta con un pluviómetro relativamente cerca para conocer el volumen de las precipitaciones y utilizarlo en la programación del riego

Tabla. 3 Requerimientos de agua del cultivo del maíz

Meses	Decenas	Fase	Kc	ETc mm.día <sup>-1</sup>	ETc mm.dec <sup>-1</sup>
Mayo	3	Inicio	0,60	3,58	25
Junio	1	Inicio	0,60	3,37	33,7
	2	Des	0,60	3,20	32
	3	Des	0,68	3,73	37,3
Julio	1	Des	0,79	4,55	45,5
	2	Des	0,90	5,33	53,3
	3	Med	0,98	5,56	61,2
Agosto	1	Med	0,98	5,31	53,1
	2	Med	0,98	5,11	51,1
	3	Med	0,98	4,90	53,9
Septiembre	1	Fin	0,86	4,09	40,9
	2	Fin	0,57	2,63	26,3
	3	Fin	0,42	1,90	1,9
TOTAL					515,2

Fuente: a partir del Software CROPWAT

### Programación del riego e partir de la dinámica de la humedad. Régimen de riego de proyecto

A partir del comportamiento de las variables climáticas y considerando las características del suelo, del cultivo y la técnica de riego, la dinámica de la humedad del suelo, representada en la figura 4, muestran las fluctuaciones

experimentadas como resultado de los ingresos y egresos de agua. Para que pueda mantenerse la humedad del suelo entre los límites óptimos (capacidad de campo y límite productivo), el aporte del riego es decisivo debido

a que las precipitaciones que ocurren tanto por su intensidad como por la frecuencia no se aprovechan al 100 %. Este sería un comportamiento ideal para que el cultivo no se vea afectado por carencias de humedad.

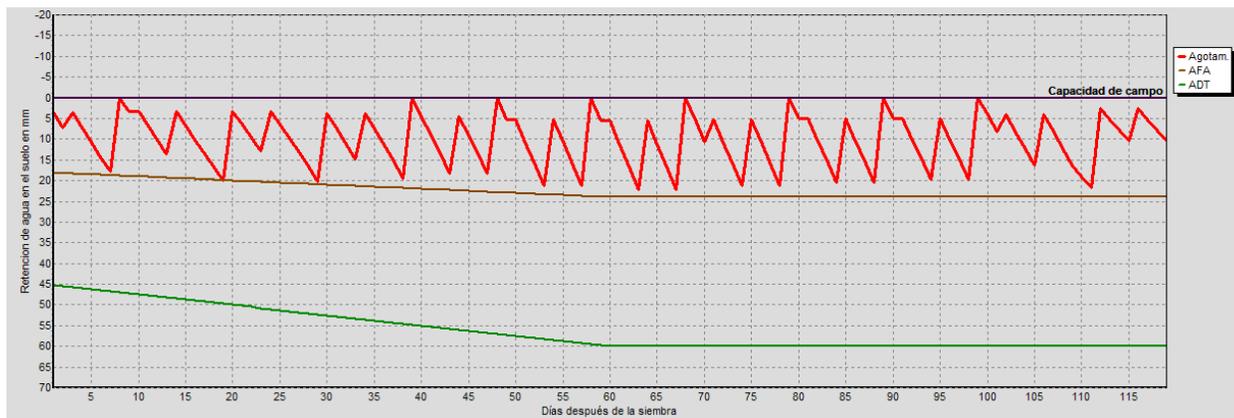


Figura 4. Régimen de riego de proyecto para el maíz

Para lograr que la humedad del suelo no descienda del límite inferior del agua fácilmente utilizable (AFU), como se muestra en el Figura anterior, se proyecta la aplicación de 8 riegos con un intervalo entre 9 y 11 días excepto entre los dos primeros riegos donde se presentaron lluvias que satisfacen las exigencias del cultivo.

Sin embargo, en la práctica el régimen de riego calculado no se corresponde con el aplicado como muestra la tabla 4. Tanto las láminas aplicadas como el intervalo entre los riegos no consideran las demandas reales del cultivo. De este análisis se infiere que se desconocen las necesidades hídricas reales del cultivo y el manejo de este se hace de forma empírica

Tabla 4. Dosis e intervalo de riego por etapas según modelo CROPWAT y el aplicado al cultivo

Según modelo CROPWAT					Aplicado			
Fecha	Días	Etapas	Lámina neta (mm)	Intervalo riego (días)	Fecha	Lámina neta (mm)	Intervalo riego (días)	Observaciones
1 junio	8	Inicio	21,3		1-06	13,6		
					8-06	15,2	7	
					15-06	15,2	7	
					22-06	15,2	7	
2 julio	39	Desarrollo	24,0	31	29-06	15,2	7	
11 julio	48	Desarrollo	23,5	9	13-07	19,5	15	Se suspendió un riego por la lluvia
21 julio	58	Desarrollo	26,9	10	24-07	19,5	11	
31 julio	68	Media	27,8	10	31-07	27,3	7	
11 agosto	79	Media	26,3	11	13-08	27,3	14	Atrasado por la lluvia
21 agosto	89	Media	25,3	10	20-08	27,3	7	
31 agosto	99	Media	24,5	10	27-08	19,5	7	Llovió ese propio día
					3-09	19,5	7	
					10-09	13,6	7	
21 septiembre	119	Fin	-	20	17-09	13,6	7	
Total			199,6			261,5		

Fuente: Elaboración propia

### Régimen de riego de explotación

El régimen de riego de proyecto es una buena base o punto de partida para aplicar el de explotación ajustando los elementos que lo conforman a las condiciones concretas del propio año en que se aplica y así mantener la humedad del suelo entre la capacidad de campo y el límite productivo.

Las precipitaciones, durante el periodo del estudio, tuvieron presencia en 31 de los 120 días que duró el mismo, como muestra la figura 5, y en 25 de ellos con valores superiores a 5 mm, por lo que se consideran efectivas,

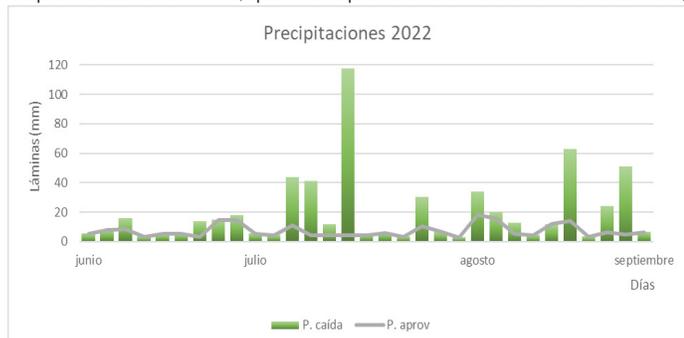


Figura 5. Comportamiento de las lluvias en el periodo de estudio

Del total de precipitaciones ocurridas sólo se aprovecha el 35 %, como muestra la figura 6, ese bajo aprovechamiento se debe a la ocurrencia de precipitaciones en días consecutivos, a los volúmenes diarios y al nivel de humedad del suelo en el día que ocurre la lluvia

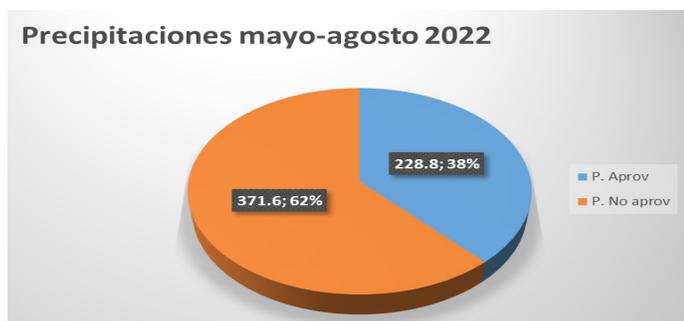


Figura 6. Aprovechamiento de las lluvias

A partir de las precipitaciones ocurridas y su aprovechamiento, de la evapotranspiración del cultivo y de las características del suelo se ajustó el régimen de riego de proyecto, el cual se representa en la figura 7, con el que se reduce el número de riego a 12 aplicaciones con una dosis total de 258,5 mm en todo el ciclo del cultivo que representan el 55 % de las necesidades hídricas del cultivo del maíz en las condiciones edafoclimáticas de la zona del estudio. Esta lámina de agua es ligeramente superior a la propuesta por Blanco & González (2021) en un estudio sobre la influencia de la densidad de población en el rendimiento del cultivo del maíz en las áreas del INCA, en Mayabeque donde utilizaron una lámina de riego de 213 mm.

Con la propuesta de régimen de riego se aprovecha al máximo la lluvia ocurrida en el periodo de riego, lo cual hace que disminuya la cantidad de agua aplicada y con ello se produce un ahorro por concepto de bombeo de agua y salario del operador de la máquina de riego.

Según González et al., (2015) para producir una tonelada de maíz, con máquinas de pivote central eléctricas, se requieren 2 800 m<sup>3</sup> de agua lo que por si solo explica la necesidad de aprovechar al máximo las precipitaciones para que el impacto económico sea mayor

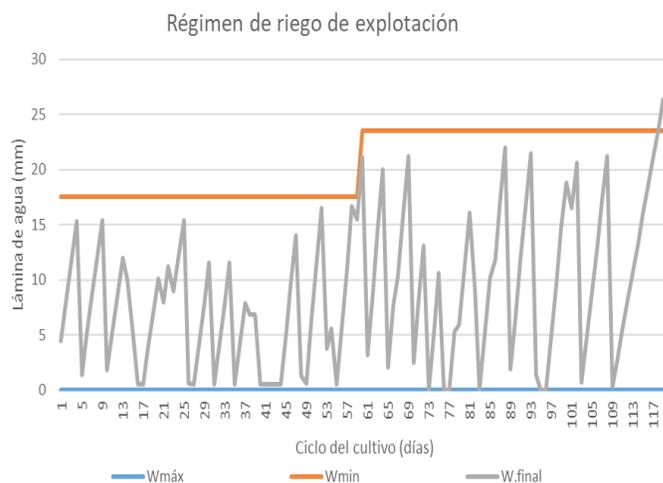


Figura 7: Régimen de riego propuesto

### CONCLUSIONES

Las dosis parciales y totales de riego aplicadas al maíz no se corresponden con las necesidades hídricas reales del cultivo al desestimar el comportamiento del clima en la zona, las características y propiedades del suelo y el desarrollo del cultivo

Las lluvias caídas no se aprovechan en su totalidad al no tener control de la dinámica de la humedad del suelo y llevar la programación del riego de forma empírica

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amiri, E., Abdzad., Gohari, A. & Esmailian, Y. (2012). Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of eggplant. *African Journal of Biotechnology*, 11(13), 3070-3079.

Blanco-Valdes, Y. & González-Viera, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3).

- Bozkurt Çolak, Y. (2019). Effects of Irrigation Frequency and Level on Yield and Stomatal Resistance of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Grown in Open Field Irrigated with Surface and Subsurface Drip Methods. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(6), 15585-15604.
- Castro Perdomo, N. A., & Rajadel Acosta, O. N. (2021). Otra cara de la problemática del agua y el cambio climático; dos realidades sinérgicas yuxtapuestas. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 351-360
- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información (2018). "Anuario estadístico de Cuba 2017", Capítulo 9. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, pp Ed. ONEI, La Habana.
- Duarte Díaz C. (2017). Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego. *Revista Ingeniería Agrícola*. Vol 7 No 3. ISSN-2227-8761. pp 3-11
- FAO. (2006). FAOSTAT. Database Results. Food Agricultural Organization. (2006). <http://faostat.fao.org>
- González Robaina, F., López Seijas, T., & Herrera Puebla, J. (2015). Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba. , 24(4), 57-63.
- Hernández Antúnez, Y. (2016). Caracterización de la precipitación efectiva y la evapotranspiración de referencia en la provincia Villa Clara. [Trabajo de diploma]. Universidad central de Las Villas "Marta Abreu". Santa Clara. Villa Clara
- Hervis, G. (2018). Estimación de la Evapotranspiración de referencia (Eto) empleando el software Cropwat Versión 8.0. Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría."
- Madramootoo, CH. A. & Fyles, H. (2010). "Irrigation in the context of today's global food crisis, Irrigation and Drainage", *Irrig. and Drain.*, 59: 40–52.
- Mukesh, B. J. & Kapadia, V.P. (, 2010). "Sharing water in the 21st century: Rethinking the rationale? Irrigation and Drainage", *Irrig. and Drain.*, 59: 92–101.
- poku Darko, R., Yuan, S., Kumi, F. y Quaye F. (2019). Effect of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Eggplant. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 4, 1325-1333.
- Vázquez, V., M.; L. Minjares ; E. Camacho; M. Hernandez, L. & J. Rodriguez, A. (2017). "Uso del análisis envolvente de datos (DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los módulos del distrito No.041, Rio yanqui (Sonora Mexico)", 49: 2017
- Viguera, B M., Martínez Rodríguez, M R., Donatti, C I., Harvey C. A. & Alpizar F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Proyecto Cascada. Módulo 2. CATIE.

## EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SIEMBRA DE ALTA DENSIDAD EN MAIZ (*Zea mays* L.)

### EVALUATION OF HIGH-DENSITY PLANTING SYSTEMS IN CORN (*Zea mays* L.)

Milton Ernesto Morales Duran

E-mail: [mmorales2@utmachala.edu.ec](mailto:mmorales2@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7776-7416>

José Nicasio Quevedo Guerrero, M Sc.

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García Batista, PhD.

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Morales Duran, M. E., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2022). Evaluación de Sistemas de Siembra de alta Densidad en Maiz (*Zea Mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 131-139. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

#### RESUMEN

El trabajo se realizó en la Granja Experimental “Santa Inés” predio que pertenece a la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la provincia de El Oro, cantón Machala. El objetivo del trabajo fue evaluar diferentes sistemas de altas densidades de siembra en maíz. Se usó un diseño factorial de bloques al azar con 5 tratamientos con dos repeticiones cada uno, las variables estudiadas fueron; disposición de hileras, daños a la mazorca, peso de mazorca, largo de mazorca, diámetro mazorca, peso de marlo, diámetro de marlo, diámetro de raquis, humedad del grano, volumen de 100 semillas, peso de granos por mazorca y producción. El mejor tratamiento fue el T4 en las variables de rendimiento donde se destaca el peso de mazorca, diámetro de mazorca, peso de 100 granos, con una mayor producción (23,044.76 kg/ ha<sup>-1</sup>), sin presentar significancia estadística en cuanto a su rendimiento. El T5 tuvo el menor índice de daños en la mazorca. El estudio evidenció que las siembras de alta densidad tienen impacto positivo directo sobre la producción del cultivo de maíz, complementadas con un buen manejo desde la preparación del suelo hasta la postcosecha se pueden llegar a obtener altos rendimientos, incrementando la rentabilidad para el productor.

#### Palabras clave:

Peso, granos, rendimiento, producción.

#### ABSTRACT

The work was carried out at the “Santa Inés” Experimental Farm, which belongs to the Technical University of Machala, located in the province of El Oro, Machala. The objective of the work was to evaluate different systems of high planting densities in corn. A randomized block factorial design was used with 5 treatments with two replications each. The variables studied were: row arrangement, ear damage, ear weight, ear length, ear diameter, ear diameter, ear weight, ear diameter, rachis diameter, grain moisture, volume of 100 seeds, weight of grains per ear and yield. The best treatment was T4 in the yield variables where ear weight, ear diameter, 100-grain weight, with a higher production (23,044.76 kg/ ha<sup>-1</sup>), without showing statistical significance in terms of yield. T5 had the lowest damage index in the ear. The study showed that high-density planting has a direct positive impact on corn crop production, complemented with good management from soil preparation to post-harvest, high yields can be obtained, increasing profitability for the producer.

#### Keywords:

Weight, grains, yield, production.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays*, L.), es uno de los cultivos de mayor importancia en el mundo debido a su facilidad de adaptaciones en las diferentes condiciones edafoclimáticas y a la gran cantidad de área cultivada para el consumo humano, lo cual lo convierte en uno de principales cereales más comercializados (Pérez et al., 2017).

Según Iglesias et al., (2018), menciona que el incremento en la demanda de este cereal ha llevado a buscar habilidades con la finalidad de adaptarlos a los escenarios climáticos en conjunto con un manejo adecuado desde la siembra hasta la postcosecha para obtener los mismos resultados en las diferentes zonas de la región a cultivar.

En Ecuador el cultivo de maíz goza condiciones climáticas tales como humedad, temperatura, suelos, entre otras con excelentes características agronómicas las cuales son idóneas para su crecimiento y desarrollo las cuales están presentes en la mayor parte del país. El 80% del maíz cosechado se destina a la elaboración de balanceados principalmente en la Costa con una superficie de 300,000 ha. Sin embargo, el maíz representa menos del 8% en cuanto a la producción agrícola de área sembrada, donde las principales provincias productoras son: Los Ríos 35,2%; Manabí 28,9%; Guayas 17,5%; Loja; 12,9%; Santa Elena 4,1% y El Oro 0,1% (Sánchez, 2017).

Autores como Guamán et al., (2020), en su investigación señala que uno de los principales problemas en el cultivo de maíz es la baja producción debido a los diversos factores edafoclimáticos, baja fertilidad del suelo, deficiente manejo del cultivo, material de siembra inadecuado entre otros que tienen como consecuencia baja rentabilidad para el productor.

Quevedo et al., (2015), mencionan que la densidad debe ser elegida tomando en cuenta las condiciones ambientales como la incidencia de radiación solar, presencia de una fuente de agua, suelos bien nutridos, etc. Sin embargo, en densidades altas otra de las condiciones desfavorables es la prioridad de la planta en desarrollar sus órganos de crecimiento (panoja, espiga) principales problemas que generan estrés que como consecuencia la espiga no recepta la cantidad necesaria de fotoasimilados para el llenado de granos.

En muchos casos una buena cosecha se basa en la amplitud del área foliar la cual están relacionada directamente en la eficiencia fotosintética, desarrollada durante en la etapa de la inflorescencia femenina indicando el número de granos que se obtendrán por planta (Razquin et al., 2017).

Las distancias de siembra en el Ecuador varían de acuerdo a la región debido a que influye significativamente su periodo fenológico en el cultivo, en el litoral el periodo va desde la siembra hasta la cosecha y tarda menos que en la región andina dado por las condiciones edafoclimáticas de cada una.

El objetivo del trabajo fue evaluar varios sistemas de siembra de alta densidad y determinar cuál desarrolla la mayor producción, como solución a los bajos rendimientos del cultivo que se presentan en nuestro entorno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se inició el 26 de julio de 2021 y finalizó el 20 de enero de 2022 en la Granja Experimental “Santa Inés”, ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, en el área de Fitomejoramiento.

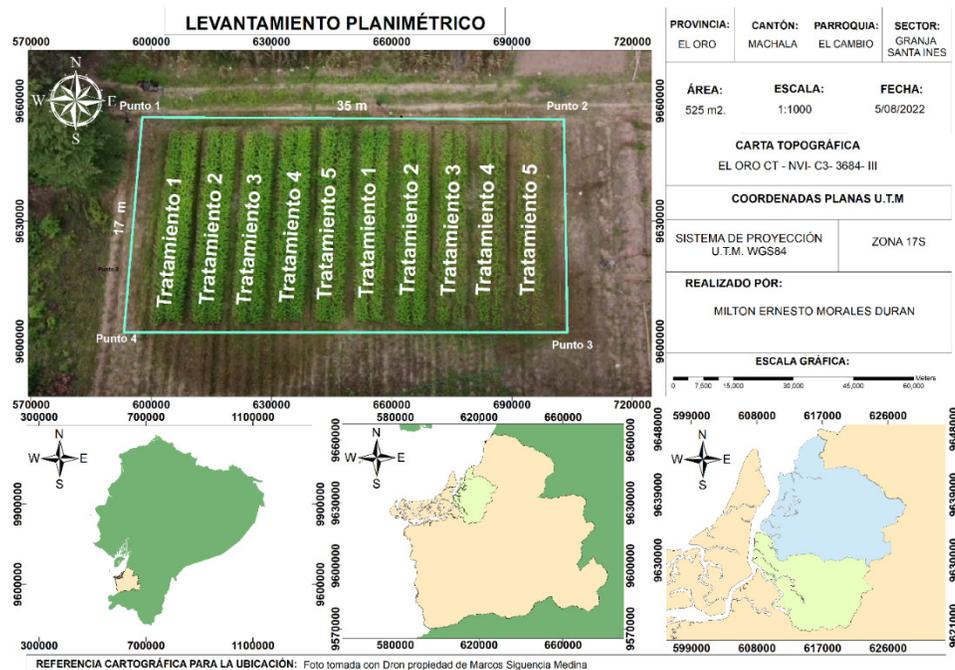


Figura 1. Ubicación y diseño experimental del área de estudio

Los materiales utilizados en el experimento fueron los siguientes:

**Productos utilizados:** Se utilizaron varios fitoreguladores: Enerplant y Newgibb; fertilizantes como Azutek y finalmente microorganismos (*Trichoderma*).

**Material genético:** Se utilizó un híbrido de alto rendimiento que se adapta a la zona como lo es el denominado "ADV 9735" de la empresa ADVANTA. Moreira, (2019) expresa que entre sus principales características del híbrido

están: periodo hasta su senescencia (125 días), altura de la planta (240 cm) emergencia de (5-10 días), florecimiento (59 días), cosecha DDS (120-140 días), presenta un grano semi cristalino con color amarillo-naranja, resistente al acame en tallo y raíz, presenta tolerancia media a enfermedades.

**Tratamientos:** La investigación ocupó un área de 525 en la cual se establecieron los tratamientos con dos repeticiones en cada uno en campo como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos estudiados

VARIEDAD	"Híbrido ADV 9735"				
Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5
Distancia. /planta	8 cm	10cm	12 cm	15 cm	20 cm
Distancia. /fila	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Plantas/ ha-1	625.000	500.000	416.667	333.333	250.000
Rendimiento t/ ha-1	19.05	19.3	21.7	22.33	13.89

En la tabla 1 nos muestra la cantidad de plantas necesarias para el experimento va en función de las distancias entre plantas por el número de filas por lo cual se lo llevó a total por hectárea con la finalidad de determinar cuál es la de mayor producción.

Según Díaz et al., (2009) el rendimiento del cultivo se determina de la siguiente manera:

$$RU = \frac{RA(100 - HA)}{100 - HD} \times \frac{10.000}{AU}$$

Donde:

RU= Rendimiento por Hectárea (kg).

RA= Rendimiento actual (kg).

HA= Humedad actual (%).

HD= Humedad deseada (%).

AU= Área útil ( )

#### Actividades desarrolladas para el manejo y condición del estudio:

**Preparación del área experimental:** Se realizó en el área de fitomejoramiento predio perteneciente a la Granja Experimental "Santa Inés", cuyas condiciones eran idóneas, para el experimento se eligió un área de 35 m de longitud x 15 m de ancho (525 en la cual se procedió a remover el suelo en camas de 2.10 m de ancho por 15 m de largo con una separación entre ellas de 0.80 m.

La siembra se la efectuó manualmente dentro de la cama de 2.10 m de ancho en la cual se estableció 8 filas en total, donde cada 4 filas se dejó 60 cm de separación con la finalidad de que no se dificulte el control de malezas y la entrada para aplicación de productos durante las fases de crecimiento y desarrollo del cultivo.

#### Manejo Agronómico

**Siembra:** Se realizó manualmente según las distancias antes mencionadas en cada tratamiento a una profundidad no mayor a 5 cm con la finalidad de que su germinación sea lo más homogénea posible.

**Control de malezas:** Se realizó manualmente en sus primeras fases fenológicas, debido a la fragilidad y densidad de siembra que presentaba el cultivo, ya que en su mayoría la maleza presente en el predio fue el coquito (*Cyperus rotundus*), la cual es muy invasiva por su veloz reproducción por lo que con la debida atención acompañado de un control constante se la puede combatir hasta que las plantas presenten una altura considerable con el fin de evitar competencias nutricionales.

**Aplicación de Bioestimulantes:** Los principales fueron Enerplant cuya principal función fue la estimulación durante las primeras etapas fenológicas del cultivo.

**Aplicaciones edáficas:** Las aplicaciones edáficas se dividió 4 etapas, donde se aplicó fertilizante completo (NPK) en dosis de 10 g por planta, complementado con Biochar en la primera y tercera etapas, con dosis de 2 y 4 g en cada cultivar de maíz respectivamente.

**Cosecha:** Se procedió a la recolección de las mazorcas, se tomaron 15 mazorcas por tratamiento.

**Variables evaluadas:** Las variables que se midieron están comprendidas únicamente en la etapa de cosecha y postcosecha del cultivo.

**1. Disposición de hileras (Dhi):** Se valoró la disposición en la que están distribuidas los granos a lo largo de la mazorca, es decir si el conjunto de granos está: regulares (1), irregulares (2), rectos (3) o en espiral (4) según sus caracteres se le asignará un número ya que es una variable cualitativa. Fig. 2

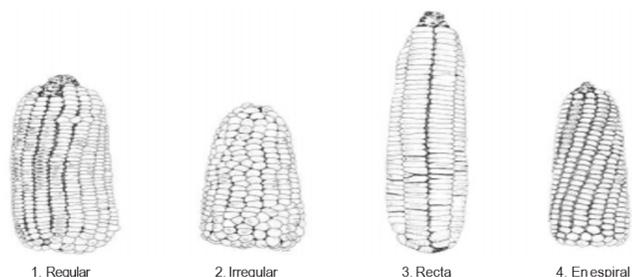


Figura 2. Disposición de las hileras de maíz

[http://archivecpgar.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/104\\_Descriptors\\_for\\_maize.Descriptores\\_para\\_maiz.Descripteurs\\_pour\\_le\\_mais-cache=1415188810.pdf](http://archivecpgar.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/104_Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_mais-cache=1415188810.pdf)

2. **Daños a la mazorca (Dma):** Se evaluó de acuerdo al área total que ha sido afectada ya sea por gusanos, pájaros o por pudrición la cual se ha expresado en ninguno (0), poco (3) o grave (7) según sus caracteres se le asignará un número ya que es una variable cualitativa.
3. **Peso de mazorca (Pmz):** Se pesó la mazorca sin su cobertura cuyos valores son expresados en gramos (g).
4. **Largo de mazorca (Lma):** Se midió desde la base hasta el corazón a lo alto, es decir la longitud expresada en milímetros (mm).
5. **Diámetro mazorca (Dim):** Se obtuvo a través del uso de un calibrador o pie de rey digital, se tomó en la parte central de la mazorca y se expresó en milímetros (mm).
6. **Peso de Marlo (PeMa):** El marlo es comúnmente conocido en nuestro medio como "tusa" el cual es el soporte de todos los granos de maíz, se obtiene al desgranar la mazorca y su valor es expresado en gramos (g).

7. **Diámetro de Marlo (DMar):** Se obtuvo mediante el uso del calibrador al medir el ancho del mismo, su valor en milímetros (mm).
8. **Diámetro de raquis (DR):** El raquis, ubicado debajo de la mazorca, la parte central (corazón) cuyo valor expresa en milímetros (mm).
9. **Humedad del grano (Hum):** Se obtuvo mediante el uso de un equipo llamado Samap 40 el cual nos permite conocer el resultado de la variable, cuyo valor está expresado en porcentaje.
10. **Volumen de 100 semillas (Vcs):** Se utilizó una probeta en la cual se llenó un volumen inicial de 50 centímetros cúbicos, posteriormente se añadieron las semillas y sacando las diferencias de volúmenes se obtuvieron los datos de cada uno de los tratamientos expresados en mililitros (ml).
11. **Peso de 100 semillas (Pcs):** Se realizó el conteo de 100 granos de cada tratamiento con uso de una balanza gramera, los valores están expresados en gramos (g).
12. **Peso de granos por mazorca (Pgm):** Se obtuvo de la resta entre el peso de la mazorca y peso del raquis, los valores están expresados en gramos (g).
13. **Producción (Pro):** Se obtuvo multiplicando el peso de granos por mazorca con el número de plantas por hectárea y finalmente dividido para 1000, los resultados están expresados en kg/.

Las variables evaluadas en los tratamientos fueron extraídas de Descriptores de CIMMYT (IBPGR, 1991).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA de un factor (Tabla 2), nos muestran las variables analizadas, se aprecia existe significancia en función p-valor (0.05) en la mayoría de las variables como se observa en la tabla 2. Principalmente en las variables relacionadas con el rendimiento agrícola; Peso de mazorca (Pmz), Largo de mazorca (Lma), Diámetro mazorca (Dim) y Peso del marlo (PeMa).

Tabla 2. Resultados de las pruebas de Tukey de las variables estudiadas

Tratamiento	Dhi	Dma	Pmz	Lma	Dim	PeMa	DMar	DR	Hum	Vcs	Pcs
T1	1.55a	1.02a	38.21a	84.61a	35.02a	6.45a	21.09a	11.90a	17.41a	13.87a	15.5a
T2	1.54a	0.77a	47.29a	94.18a	37.28ab	7.31ab	21.47ab	12.25a	16.96a	13.87a	16.12a
T3	1.85ab	0.95a	64.62ab	109.97a	38.33b	10.97ab	22.85ab	13.57a	16.4a	14.62a	16.37a
T4	2.10b	1.10a	81.9b	119.78a	39.90b	12.77b	23.46b	13.99a	16.63a	14.87a	17.25a
T5	2.15b	0.65a	68.63ab	118.32a	38.89b	11.42ab	22.51ab	13.42a	16.47a	14.5a	17.00a
F	5.27	1.54	4.55	2.76	7.38	3.39	3.31	2.99	1.31	0.84	0.97
Significancia	.002	.211	.005	.043	.000	.019	.021	.032	.284	.507	.433

El resultado del análisis de Tukey en la variable peso de mazorca (Pmz) mostró en el subconjunto “a” tuvo un valor bajo en su media con respecto a los demás subconjuntos “b” y “ab”, lo que demuestra que el T4 con un valor de 119.78 g es superior al T1 con un promedio de 38.21 g, cómo podemos observar en la tabla 3.

En la prueba de Tukey para la variable longitud de mazorca (Lma) todos los tratamientos están dentro del subconjunto “a” donde el T4 con una media de 119.78 mm, a diferencia de los demás (T2, T3 y T5), el T1 con un valor de 84.61 mm es el más bajo.

Según la prueba de Tukey en la variable Diámetro de mazorca (Dim) demuestra que el subconjunto “a” presentó la media más baja que corresponde al T1 con un valor de 35.02 mm, mientras que el T2 con un promedio de 37.28 mm está presente en “ab” y finalmente los tratamientos T3, T4 Y T5 se encuentran dentro de “b” donde destaca el T4 con una media de 39.90 mm como el mejor.

En la variable Peso del marlo (PeMa) como indicó la prueba de Tukey en el subconjunto “a” los tratamientos que prevalecen son el T1 con la media más baja de 6.45 g, mientras que el T2, T3 y T5 están en “ab”, finalmente está el T4 con el promedio de 12.77 g como el mejor.

Los resultados de la prueba de Duncan nos muestran las variables analizadas, apreciándose significancia en función p-valor (0.05) en la variable peso de granos por mazorca (Pgm), sin embargo, en la variable de producción (Pro), donde a pesar de que no existe significancia entre los tratamientos agrónomicamente si la hay al momento de determinar su rendimiento como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de Duncan

Tratamiento	Pgm	Pro
T1 (625.000)	31.74a	19,842.70ab
T2 (500.000)	39.97ab	19,988.83ab
T3 (416.667)	53.64bc	22,353.83b
T4 (333.333)	69.13c	23,044.75b
T5 (250.000)	57.21bc	14,303.84a
F	4.65	1.78
Sig.	.004	.154

En la variable peso de granos por mazorca según Duncan mostró en el subconjunto “a” con un valor de 31.74 g como la media más baja perteneciente al T1, en relación a los demás subconjuntos “ab”, “bc” y finalmente “c” con T4 cuyo promedio de 69.13 g, estableciéndose que es superior a los demás tratamientos estudiados.

El análisis de Duncan indica en la variable producción que el subconjunto “b” compuesto por el T4 con el promedio de 23,303.84 kg/ es superior a los demás tratamientos de los subconjuntos “ab” y “a” este último cuenta con el T5 cuyo promedio es de 14,303.84 kg/como el más bajo de todos.

**Disposición de hileras (Dhi):** En los resultados obtenidos se demuestra que el T2 obtuvo un promedio de 71.67%, seguido del T1 con una media de 70% presentando una diferencia significativa entre los demás tratamientos, es decir representan ampliamente una dominancia las disposiciones regulares y rectas, en cuanto al T5 con una media de 44.17% con la cual se demuestra que la distancia de siembra influye significativa en la variable estudiada. Los resultados obtenidos en la variable mencionada coinciden con Fuentes et al., (2022), concluyó que las diferencias estadísticas en cuanto a esta variable presentan en su mayoría como caracteres regulares con un 40%, mientras en la presente investigación concuerda en la predominancia de regulares en su mayoría, sin embargo, discrepa en la característica rectos que se dio irregulares con un 35% en la investigación del autor.

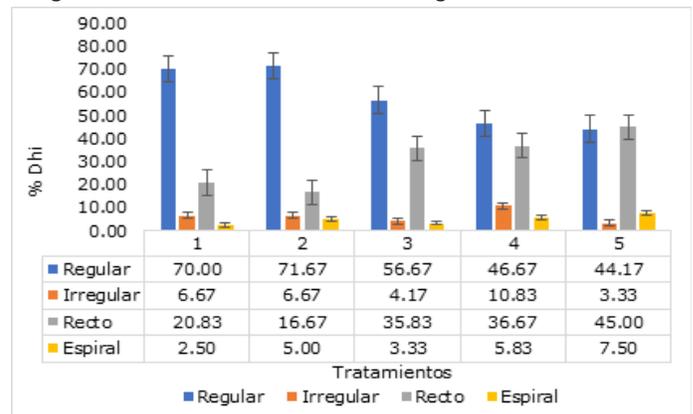


Figura 3. Porcentajes de disposición de hileras en la mazorca (Dhi)

**Daños a la mazorca (Dma):** El T4 con una media de 65.83% en la escala “ninguno” y 33.33% en “poco” es el tratamiento con el menor índice de daño con respecto al T5 que un promedio de 78.33%, indicándonos que las mazorcas sufren mayores daños por parte de plagas y enfermedades en distancias estrechas ya que presentan condiciones favorables para su supervivencia (Medina et al., 2020).

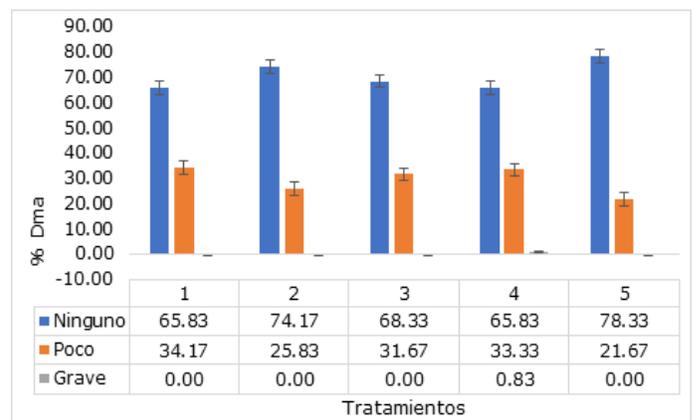


Figura 4. Medias y cuartiles para daños a la mazorca (Dma)

**Peso de mazorca (Pmz):** El T4 con la media más alta de 81.90 g con respecto al T1 que presentó 38.21 g con lo cual podemos deducir que hay una diferencia significativa en esta variable analizada. El peso de la mazorca tiene relación directa con el llenado de los granos y el crecimiento de cada uno, principalmente en la etapa de floración como lo señala Cerliani et al., (2018). Esta teoría es similar a la planteada por Pérez et al., (2013) donde manifiesta que el aumento en el peso de las semillas está en función del crecimiento y acumulación de fotoasimilados durante el florecimiento, tomando en cuenta que la producción depende de la eficiencia del llenado del grano.

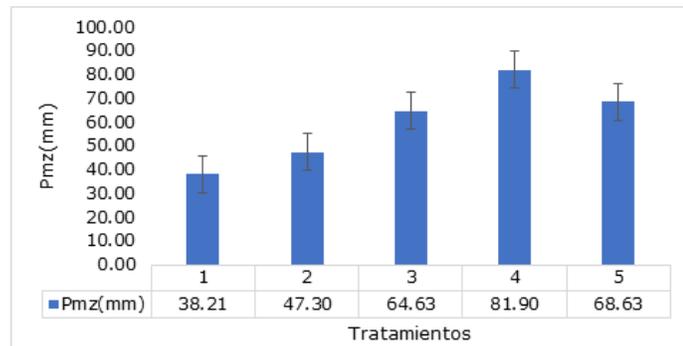


Figura 5. Medias y cuartiles para peso de mazorca (Pmz)

**Largo de mazorca (Lmz):** El T1 con una media de 84.61 mm con respecto al T4 con un promedio de 119.78 mm presentó una diferencia significativa. Según Rivas et al., (2018) demostró en su investigación que los resultados no mostraron valores muy diferenciados entre sus tratamientos evaluados con lo cual definen que dependen de la longitud de la mazorca el número de granos. Sin embargo, Matheus, (2004), expresa que esto se debe en gran parte a la disponibilidad de nutrientes disponibles, aplicados directamente al suelo principalmente el Nitrógeno cuya principal función es la de producir biomasa.

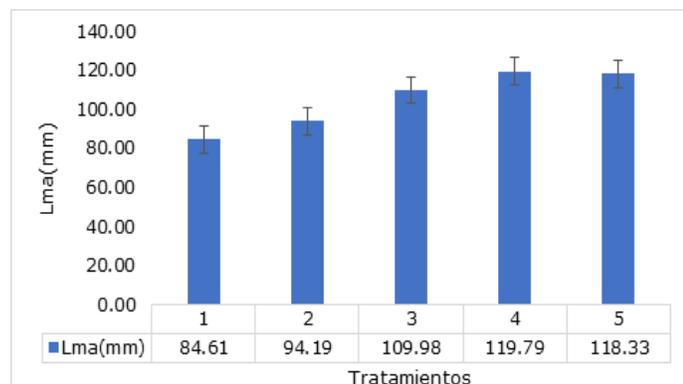


Figura 6. Medias y cuartiles para largo de mazorca (Lma)

**Diámetro de mazorca (DMar):** Según Guamán et al., (2020) en su investigación las variables estudiadas como diámetro, longitud y peso influyen de una manera significativa sobre la producción final de la cosecha en cuanto se refiere al diámetro que dependientemente de un llenado eficiente alcanza un óptimo rendimiento en el cultivo. El T4 presentó una media de 39.90 mm con respecto a las demás como el T1 con un valor medio de 35.02 mm cuyo valor es el más bajo demostrando así que no hay una

diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la medición de esta variable.

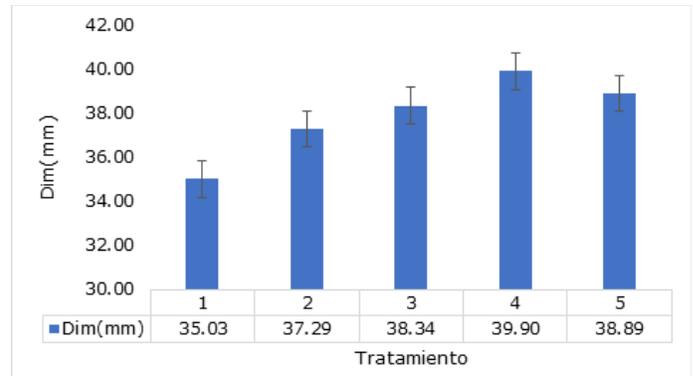


Figura 7. Medias y cuartiles para diámetro mazorca (Dim)

**Peso de marlo (PeMa):** El peso fue mayor en el T4 con una media de 12.77 g seguido por el T5 con 11.42 g y el T3 con un promedio de 10.97 g respecto a los demás que presentan medias inferiores a 8 g por lo que podemos decir que si hay una diferencia significativa en cuanto al peso del marlo. Socarras et al., (2017) describe en la investigación que realizó en la cual el peso del marlo de los tratamientos que tomó en cuenta para la evaluación no tuvo ninguna diferencia significativa debido a que presentaron resultados similares.

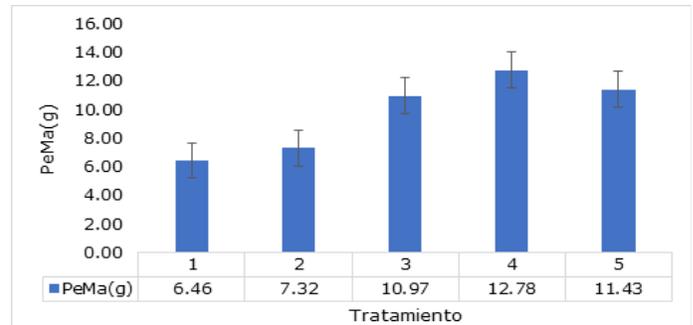


Figura 8. Medias y cuartiles para peso de Marlo (PeMa)

**Diámetro marlo (DMar):** El T4 obtuvo una media de 23.47 cm, mientras que el T1 un promedio de 21.10 cm, nos indica que si hubo diferencia significativa en la variable diámetro de marlo. (Quispe, 2020) menciona que el diámetro de marlo tiene relación directa con el número de hileras de granos, junto con las variables de longitud y peso no tienen significancia entre los resultados de sus tratamientos estudiados.

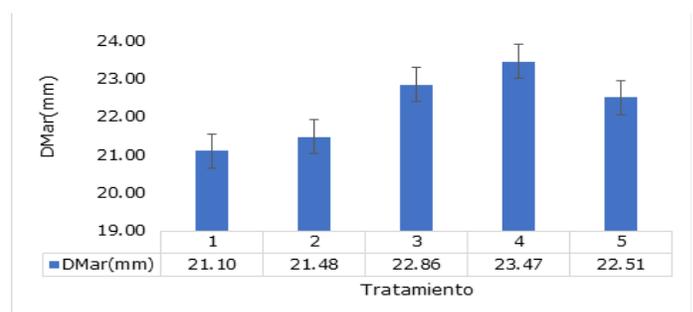


Figura 9. Medias y cuartiles para diámetro Marlo (DMar)

**Diámetro raquis (DR):** El T4 obtuvo una media de 13.99 mm, mientras que el T1 obtuvo un promedio de 11.90 mm que nos indica que hubo diferencia significativa en la variable diámetro de raquis, lo cual discrepa con lo señalado con Fuentes., (2022) quien menciona en su investigación con altas densidades de siembra en maíz, la variable diámetro de raquis obtuvo una media de 11.6 mm sin presentar diferencias estadísticas entre sus tratamientos estudiados.

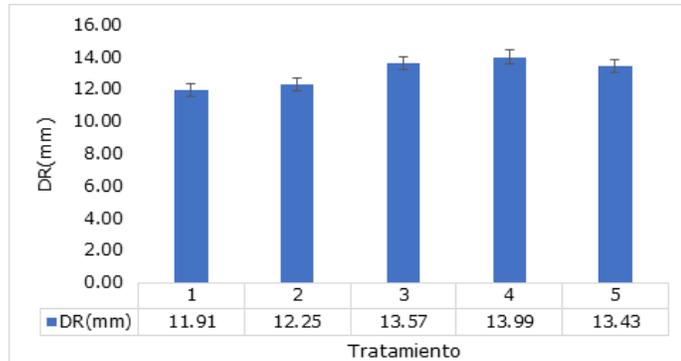


Figura 10. Medias y cuartiles para diámetro raquis (DR)

**Humedad del grano (Hum):** El T3 obtuvo un promedio de 16.40 %, mientras que la más alta fue el T1 obtuvo una media de 17.41% cuyos valores nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. La humedad del grano está relacionada directamente con el tiempo de floración y maduración de la mazorca, además de que si se almacena con un porcentaje muy alto de humedad se verán afectados por agentes patógenos causando pudrición de los granos y ataque de insectos (Díaz et al., 2009).

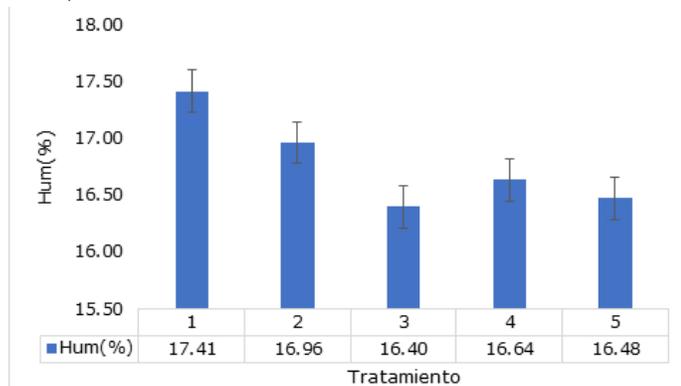


Figura 11. Medias y cuartiles para humedad del grano (Hum)

**Volumen de 100 semillas (Vcs):** El T4 obtuvo una media de 14.87 ml, mientras que la más baja fue el T1 que obtuvo un valor medio de 13.87 ml cuyos valores nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos analizados. Borja & Caviedes (2013), menciona que las condiciones agroclimáticas presentes en el cultivo en el que se desarrolló tienen un gran impacto en las variedades en su producción con lo cual podemos determinar que su volumen en cosecha fue similar al inicio dado que se trata de cultivos híbridos y solo desarrollan F1.

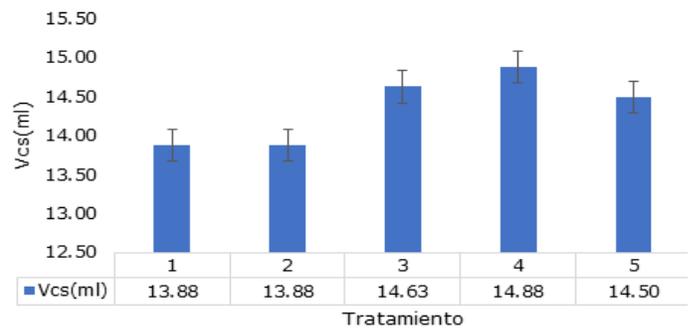


Figura 12. Medias y cuartiles para volumen de 100 semillas (Vcs)

**Peso de 100 semillas (Pcs):** La media más baja fue registrada en el T1 con 15.50 g mientras que el T4 obtuvo una media de 17.25 g, cuyos valores nos dan a conocer que no existe significancia entre los tratamientos estudiados, sin embargo, agrónomicamente demuestran una diferencia que podemos definir como el mejor tratamiento en esta variable estudiada. Según (Chumpitaz, 2018) menciona que no influye la densidad de siembra en esta variable estudiada, sin embargo, el uso de dosis correctas de minerales con el propósito de el llenado de los granos sea eficiente con el fin de obtener excelente peso. Por otro lado, concluye que se debe únicamente a la variedad, ya que cada híbrido presenta características diversas en la acumulación de nutrientes.

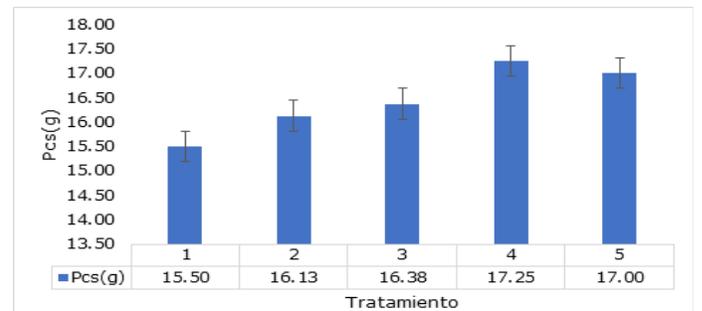


Figura 13. Medias y cuartiles para peso de 100 semillas (Pcs)

**Peso de granos por mazorca (Pgm):** El promedio más bajo fue el T1 con un valor de 31.74 g, mientras que el T4 obtuvo una media de 69.13 g cuyos valores nos dan a conocer que existe significancia entre los tratamientos estudiados. Autores como Gómez & Rodríguez, (2001) mencionan que el número de mazorcas por hectárea indica que es posible la siembra en altas densidades sin que se vean afectados el rendimiento por asuntos de competencia entre sí, sin embargo, aclara que el principal problema es la proliferación de plagas en las etapas del cultivo por las condiciones favorables que se presentan para ellos. Por otro lado, Pérez et al., (2013) indica que el factor principal está en el correcto llenado y crecimiento de los granos con lo que se determina su peso del mismo. Podemos definir que la producción en el cultivo de maíz está en función del peso de las semillas, mas no en el de la mazorca debido a que el marlo es un componente que interfiere en los valores finales de rendimiento.

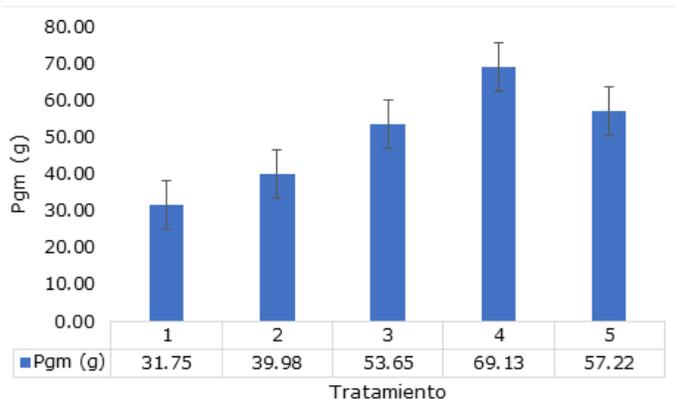


Figura 14. Medias y cuartiles para peso de granos por mazorca (Pgm)

**Producción (Pro):** El T4 con una media de 23,044.75 kg/ha<sup>-1</sup> como la más alta mientras que el T5 presentó el valor más bajo fue el T5 con un promedio de 14,303.84 kg/ha<sup>-1</sup>, donde se estableció que no hay diferencia significativa entre los tratamientos analizados. Quevedo et al., (2015) determinó que el uso de altas densidades en el cultivo de maíz es rentable como lo demuestra en su investigación donde utilizó varias densidades entre 100,000 a 128,000 plantas/ha<sup>-1</sup>, donde la mayor producción fue la de 112,500 plantas/ha<sup>-1</sup> con un rendimiento de 11,690.97 kg/ha<sup>-1</sup>, dejando entrever que el uso de este sistema de siembra es muy productivo con el manejo adecuado en todas sus etapas fenológicas.

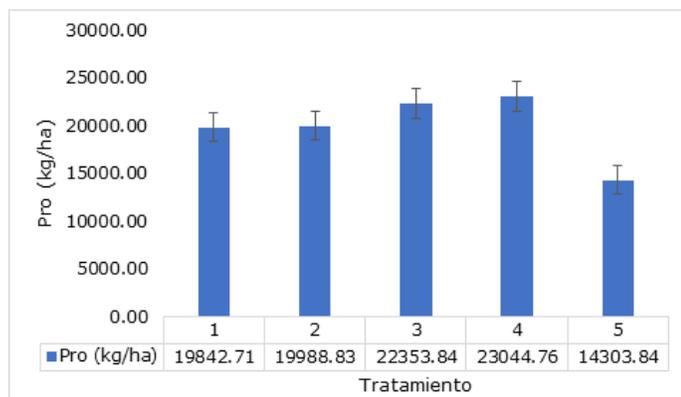


Figura 15. Medias y cuartiles para producción (Pgm)

## CONCLUSIONES

El mejor sistema de siembra fue el T4, las variables peso de la mazorca, disposición de hileras, diámetro de mazorca, peso de 100 semillas, volumen de 100 semillas, peso de granos por mazorca y principalmente producción, seguido por el T5 que arrojó el menor valor a la variable daños a la mazorca. Los demás tratamientos (T1, T2 y T3) presentaron similitudes en sus resultados en las variables: peso del marlo, diámetro de marlo, diámetro de raquis y humedad del grano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Borja, M. J., & Caviedes, M. (2013). Evaluación de dos ciclos de producción de semilla en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en Tumbaco - Pichincha. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2), 6. <https://doi.org/10.18272/aci.v5i2.143>
- Cerliani, C., Esposito, G. P., Morla, F. D., Balboa, G. R., & Naville, R. A. (2018). Relación Entre La Densidad Óptima Agronómica Y El Número De Granos Por Planta En Maíz (*Zea Mays* L.). *European Scientific Journal*, 14(9), 1857-7881. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p29>
- Chumpitaz Quevedo, D. J. (2018). *Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (Zea mays L.) con abono foliar en la localidad de La Molina*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3561/chumpitaz-quevedo-daniel-josue.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Díaz Coronel, G. T., Sabando Ávila, F. A., Zambrano Montes, S., & Vásconez Montúfar, G. H. (2009). Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de Los Ríos. *Ciencia y Tecnología*, 2(1), 15-23. <https://doi.org/https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/79/93>
- Fuentes Figueroa, T., Parrales Quimis, A. D., Morán Morán, J., García Cabrera, J., & Gabriel Ortega, J. (2022). Caracterización morfológica y etnobotánica del maíz criollo (*Zea mays* L.) en la comuna Sancán, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(2), 101-116. <https://doi.org/https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/631/529>
- Gómez, V. O., & Rodríguez, Z. (2001). "Comportamiento agronómico de maíz (*Zea mays* L.) tipo dulce bajo diferentes densidades de siembra en condiciones de sabana." *Revista Científica UDO Agrícola*, 1(1), 18-24. [file:///C:/Users/Milton%20Morales/Downloads/Dialnet-ComportamientoAgronomicoDeMaizZeaMaysLTIpoDulceBaj-2221458%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/Milton%20Morales/Downloads/Dialnet-ComportamientoAgronomicoDeMaizZeaMaysLTIpoDulceBaj-2221458%20(6).pdf)
- Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v7n2/2477-8850-siembra-07-02-0005.pdf>

- IBPGR. (1991). Descriptors for Maize. *International Maize and Wheat Improvement Center*, 86p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Iglesias Abad, S., Alegre Orihuela, J., Salas Macías, C., & Egúez Moreno, J. (2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25-32. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n1/a03v9n1.pdf>
- Martínez, G., Rey, J., Pargas, R., Guerra, C., Manzanilla, E., & Ramírez, H. (2021). Efecto de sustratos y fuentes orgánicas en la propagación de banano y plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 808-822.
- Matheus L., J. (2004). Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*, 16(3), 219-224. [https://doi.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612004000300009&script=sci\\_art-text](https://doi.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612004000300009&script=sci_art-text)
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L. A., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291-299. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Moreira Cortez, B. W. (2019). "Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos". Ecuador: Quevedo-UTEQ. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3689>
- Pérez López, A. E., Martínez Bustamante, E., Vélez Vargas, L. D., & Cotes Torres, J. M. (2013). Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays* L.) y Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(1), 6865-6880. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v66n1/v66n1a04.pdf>
- Pérez Rodríguez, Y., Padrón Padrón, W. R., & Alomá Oramas, R. M. (2017). Control de *Peregrinus maidis* Ashm. en el cultivo del maíz *Zea mays* L. mediante la utilización de hongos entomopatógeno. *Agroecosistemas*, 5(2), 6-11. <https://doi.org/https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/114/151>
- Quevedo Amaya, Y., Barragan Quijano, E., & Beltran Medina, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Impacto. *Revista Scientia Agroalimentaria*, 2, 18-24. <https://doi.org/http://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/view/741/577>
- Quispe Tenorio, J. A. (2020). "Parametros genéticos y respuesta a la selección de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán 2735 msnm, AYACUCHO" [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Lima. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3993>
- Razquin, C., Maddonn, G., & C. Vega, C. (2017). Estimación no destructiva del área foliar en plantas individuales de maíz (*Zea mays* L.) creciendo en canopeos. *Agriscientia*, 34(1), 27-38. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v34n1/v34n1a03.pdf>
- Rivas-Jacobo, M. A., Carballo-Carballo, A., Quero-Carrillo, A. R., Hernández-Garay, A., Rojas-García, A. R., & Mendoza-Pedroza, S. I. (2018). Comportamiento de componentes agronómicos y su productividad en híbridos trilineales de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 11(5), 93-99. <https://doi.org/https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/381/267>
- Sánchez Posligua, J. L. (2017). *Comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), con sistema de siembra a doble hilera en la zona de Vinces- Ecuador. [ Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL].* Quevedo. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3689>
- Socarras B., J. C., Ortega S., Y. P., Tafur, J. O., & Orozco O., J. A. (2017). Incidencia de biofertilizantes (Tetrabiol y Lactobiol) con abono químico (PO<sub>5</sub>, KCl Y Urea) en las variables fotométricas de tres genotipos de maíz (*Zea mays*) (Criollo Mexicano, Híbrido DK 234Y OGM-Pionner 30F35H). *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, 15(2), 21-28. <https://doi.org/https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/bistua/article/view/620/582>

## REGULADOR FISIOLÓGICO FOLIAR: EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN EL CULTIVO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis Sims*)

FOLIAR PHYSIOLOGICAL REGULATOR: EFFECTS ON THE AGRONOMIC BEHAVIOR IN THE CROP OF PASSION FRUIT (*Passiflora edulis Sims*)

Mario Andrés Astudillo Yaguana  
E-mail: [maastudillo\\_est@utmachala.edu.ec](mailto:maastudillo_est@utmachala.edu.ec)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0805-3807>  
José Nicasio Quevedo Guerrero  
E-mail: [jquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jquevedo@utmachala.edu.ec)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>  
Rigoberto Miguel García Batista  
E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu](mailto:rmgarcia@utmachala.edu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>  
Universidad Técnica de Machala, El Oro. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Astudillo Yaguana, M. A., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2022). Regulador Fisiológico Foliar: Efectos en el Comportamiento Agronómico en el Cultivo de Maracuyá (*Passiflora Edulis Sims*). Revista Científica Agroecosistemas, 10(2), 140-147. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de dos dosis de un regulador fisiológico en aplicación foliar en el comportamiento agronómico del cultivo de maracuyá en la granja experimental "Santa Inés", perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la Provincia de El Oro, cantón Machala parroquia El Cambio. En la ejecución de este trabajo se utilizó un diseño factorial de bloques al azar con cinco tratamientos y 11 repeticiones, las variables estudiadas fueron; largo de la hoja, ancho de la hoja, altura de la planta, diámetro del tallo, número de flores, número de frutos, peso del fruto, grados Brix, peso de la pulpa, peso de la cáscara, peso de semillas, porcentaje de jugo y producción por hectárea. El T1C1 (Enerplant + NewGibb + Kristalon + Fossil Shell Agro + Óxido de Zinc + Ácido Bórico + Biochar) presentó valores altamente significativos para el DT, NFR, PF, GB, PP, PC, PS, PJ y PH. Se determinó que el T1C1 que contiene 20 g \* Ha<sup>-1</sup> del regulador fisiológico (Enerplant) mejora la calidad de los frutos constituyendo una alternativa para incrementar la productividad del cultivo de maracuyá, reduciendo los costos de producción.

### Palabras clave:

Fertilización, parchita, gulupa, propiedades.

### ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of two doses of a physiological regulator in foliar application on the agronomic behavior of the passion fruit crop in the "Santa Inés" experimental farm, belonging to the Technical University of Machala, located in the Province of El Oro, Machala canton, El Cambio parish. In the execution of this work, a random block factorial design with five treatments and 11 repetitions was used, the variables studied were; leaf length, leaf width, plant height, stem diameter, number of flowers, number of fruits, fruit weight, Brix degrees, pulp weight, shell weight, seed weight, percentage of juice and production per hectare. T1C1 (Enerplant + NewGibb + Kristalon + Fossil Shell Agro + Zinc Oxide + Boric Acid + Biochar) presented highly significant values for DT, NFR, PF, GB, PP, PC, PS, PJ and PH. It was determined that the T1C1 that contains 20 g \* Ha<sup>-1</sup> of the physiological regulator (Enerplant) improves the quality of the fruits, constituting an alternative to increase the productivity of the passion fruit crop, reducing production costs.

### Keywords:

Fertilization, passion fruit, gulupa, properties.

## INTRODUCCIÓN

El maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) comprende alrededor de 80 especies diferentes, las cuales se distribuyen en las zonas tropicales desde los 0 hasta los 3800 msnm. (Suárez et al., 2014). El origen del maracuyá es de América, principalmente de Brasil y parte de los límites de Paraguay y Argentina. El cultivo se ha propagado por los trópicos a nivel mundial, los países productores han empezado su producción de manera casera para su propio consumo, debido a la demanda de este producto lo han cultivado a mayor escala. Este proceso depende en gran mayoría del apoyo de los organismos de gobierno encargados y la industria privada (Gómez, 2005). El fruto del maracuyá posee un sabor fuerte y ácido, es uno de los frutos más apetecidos en el mundo; se comercializa en el exterior de forma procesada como extracto, concentrado, etc. El jugo de maracuyá es uno de los tres principales jugos de importancia mundial (Miranda et al., 2009).

Se registra una producción en el Ecuador de aproximadamente 247.973 toneladas, cuya importancia social y económica se basa en la demandante mano de obra en las diversas etapas fenológicas del cultivo, las cuales prevalecen en plantaciones familiares inferiores a 2 hectáreas (INIAP, 2015). La planta de maracuyá es diploide con flores que son hermafroditas y posee una alta incompatibilidad, debido a esto la polinización debe ser cruzada y mayormente realizada por insectos principalmente el abejorro (Suárez et al., 2014).

Para la obtención de frutos de calidad de exportación es recomendable establecer el cultivo en temperaturas entre los 16 y 20 °C, presentan un requerimiento hídrico entre los 900 a 1200 mm que sean bien distribuidos en el año, necesita una humedad relativa de entre 70% a 80%;

necesita suelos de texturas livianas como franco-arenosas a franco-arcillosas con pendientes de máximo 30% y un pH que vaya desde los 6.5 a 7.5; Cabe destacar que este cultivo es susceptible al exceso de agua y al encharcamiento (De Armas et al., 2022).

A su vez se puede hacer uso de fitohormonas que son compuestos sintetizados por la planta que ejercen su función con una concentración baja dando resultados a nivel celular, ayudan a la regulación fisiológica de la planta, como el crecimiento, desarrollo, elongación, floración, fructificación (Alcantara et al., 2019).

Como menciona Alarcón et al., (2018) acerca del efecto que causa Enerplant en el cultivo de cebolla promueve el uso de dicho regulador fisiológico como una alternativa para aumentar el rendimiento y calidad de la cosecha a un bajo costo de producción, gracias a que se logra un aumento en la fructificación, disminuyendo sus etapas fenológicas considerablemente. Por lo que en la presente investigación el objetivo fue evaluar los efectos en el comportamiento agronómico en el cultivo de maracuyá en la granja experimental "Santa Inés".

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Granja Experimental "Santa Inés", localizada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

**Productos utilizados,** Para esta investigación se utilizó Enerplant, NewGibb, Kristalon, Ácido Bórico, Óxido de Zinc, Fossil Shell Agro, Biochar a base de caña de azúcar.

**Tratamientos,** La investigación consta de un área de 1386 m<sup>2</sup> donde se estableció los tratamientos de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos

Tratamientos	T1C1	T1Parr	T2C1	T2Parr	T3
Composición foliar	Enerplant + NewGibb		Enerplant + NewGibb		
Composición edáfica	Kristalon + Fossil Shell Agro + Óxido de Zinc + Ácido Bórico + Biochar		Kristalon + Fossil Shell Agro + Óxido de Zinc + Ácido Bórico + Biochar		
Plantas Muestra	33	33	33	33	33
Dosis foliar /ha <sup>-1</sup>	200 L	200 L	200 L	200 L	
Dosis edáfica/ha <sup>-1</sup>	27.7 kg	20.8 kg	27.7 kg	20.8 kg	
Plantas/ha <sup>-1</sup>	1 108	832	1 108	832	1 108
Prod. tn/ha <sup>-1</sup>	3.7	2.68	2.44	1.15	1.2

Determinamos en la tabla 1 la cantidad de plantas necesarias para el experimento, además observamos que consta de 5 tratamientos cada uno con tres repeticiones, cada repetición constó de 11 plantas las cuales están dispuestas en T1C1 (tutorado de cordel), T1Parr (tutorado de parra) todos con 20 g de Enerplant \* ha<sup>-1</sup> en aplicación foliar, T2C1 (tutorado cordel) y el T2Parr (tutorado en parra) con 10 g de Enerplant \* ha<sup>-1</sup> y finalmente el testigo absoluto en tutorado de cordel.

## METODOLOGÍA

**Identificación del área experimental,** La investigación se realizó en los predios de la granja "Santa Inés" con un área total de 1386 m<sup>2</sup>, la cual se preparó para el cultivo de maracuyá.

## LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO



PROVINCIA: EL ORO	CANTÓN: MACHALA	PARROQUIA: EL CAMBIO	SECTOR: GRANJA SANTA INES
----------------------	--------------------	-------------------------	---------------------------------

ÁREA: 1386 m <sup>2</sup> .	ESCALA: 1:1000	FECHA: 15/08/2022
--------------------------------	-------------------	----------------------

### CARTA TOPOGRÁFICA

EL ORO CT - NVI- C3- 3684- III

### COORDENADAS PLANAS U.T.M

SISTEMA DE PROYECCIÓN U.T.M. WGS84	ZONA 17S
---------------------------------------	----------

### REALIZADO POR:

MARIO ANDRES ASTUDILLO YAGUANA

### ESCALA GRÁFICA:

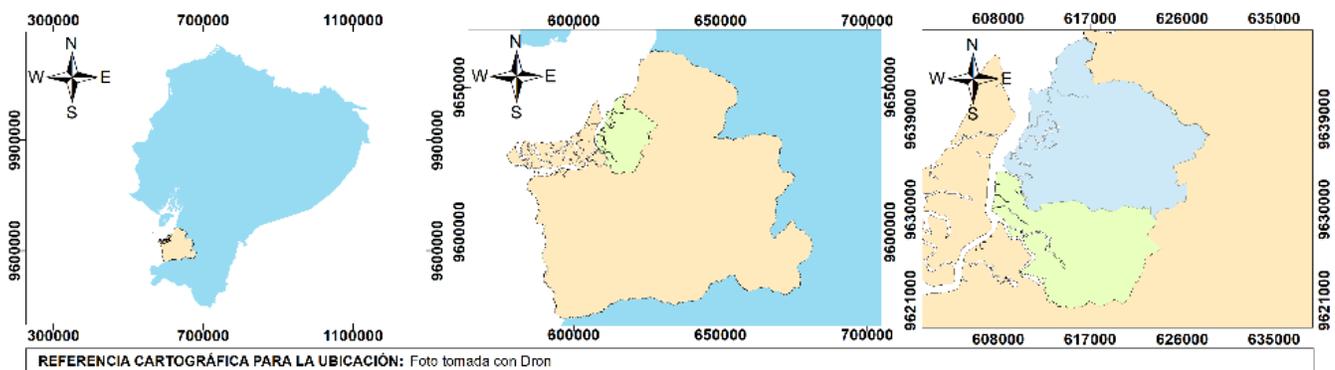


Figura 1. Ubicación y diseño experimental del área de estudio

**Selección del material genético,** Para el desarrollo de esta investigación se plantó semillas de maracuyá de la variedad Flavicarpa Degener, conocida en nuestro medio como variedad colombiana.

**Preparación del área experimental,** Lo primero que se realizó para adecuar el área fue la limpieza de maleza para luego proceder a medir el área, distribuyendo los tratamientos por los diferentes tipos de tutorado, se optó por la utilización de caña guadua como soporte para el desarrollo vegetativo del cultivo. Posteriormente se realizó la siembra del material genético y la implementación del sistema de riego, el cual es por microaspersión.

**Preparación y mezcla de los tratamientos,** Mediante cálculos se obtuvo las dosis adecuadas de los productos que utilizaremos los cuales se detallan a continuación:

**T1C1 Y T1Parr:** Con ayuda de una balanza gramera se midió las dosis exactas de los siguientes productos con sus respectivas cantidades,

- 1g/10 L Enerplant
- 1g/ 10 L NewGibb
- 25g. Kristalon
- 2g. Fossil Shell Agro

- 1g. Óxido de Zinc
- 1g. Ácido Bórico
- 1g. Biochar

**T2C1 Y T2Parr:** Al igual que el tratamiento 1 se utilizó los mismos productos con diferentes cantidades.

- 0.5 g/10 L Enerplant
- 0.5 g/ 10L NewGibb
- 25g. Kristalon
- 2g. Fossil Shell Agro
- 1g. Óxido de Zinc
- 1g. Ácido Bórico
- 1g. Biochar

Los productos usados son los mismos en los tratamientos T1C1, T1Parr, T2C1 y T2Parr, con la diferencia en su dosificación, mientras el T3 es el testigo absoluto.

**Manejo Agronómico,** Durante el establecimiento del cultivo se requirieron la realización de las siguientes actividades en la parcela.

**Tutorado,** Una vez establecido el área experimental se procedió a la limpieza de arvenses para balizar y colocar

las cañas guaduas que sirvieron de soporte para las plantas de maracuyá.

**Siembra**, establecido los tutores se procedió a la siembra de las plántulas de maracuyá.

**Riego**, Con ayuda de un sistema de riego por microaspersión se cubrió las necesidades hídricas requeridas por el cultivo.

**Fertilización**, Para abastecer las necesidades nutricionales del cultivo se utilizó Enerplant, NewGibb, Kristalon, Ácido Bórico, Óxido de Zinc, Fossil Shell Agro y Biochar a base de caña.

**Poda**, En las primeras etapas de desarrollo se realizó la poda de laterales innecesarios, al alcanzar la altura de los tutores se procedió a despuntar para estimular el crecimiento de las yemas laterales.

**Variables evaluadas**, Los datos de las variables evaluadas se los tomó desde la etapa de floración hasta la postcosecha.

- 1. Largo de la hoja (LH)**, Se evaluó la longitud de la hoja durante la etapa de floración, los resultados de esta variable se expresan en centímetros (cm).
- 2. Ancho de la hoja (AH)**, Al igual que el largo de la hoja se valoró este parámetro en la etapa de floración, cuyo resultado está expresado en centímetros (cm).
- 3. Diámetro del tallo (DT)**, Con la ayuda de un calibre o pie de rey se logró obtener la medida exacta de esta variable que se expresa en centímetros (cm).
- 4. Número de frutos (NFR)**, Registramos el número total de frutos por planta.
- 5. Peso del fruto (PF)**, Una vez cosechado el fruto se procedió a pesarlo mediante la ayuda de una balanza gramera cuya unidad de medida fue expresada en gramos (g).

**6. Grados brix (GB)**, Se extrae una pequeña muestra de jugo la cual se coloca en el prisma del refractómetro para proceder a observar su resultado mediante el lente que debe ser expuesto a una fuente de luz, este dato es expresado en °Bx.

**7. Peso de la pulpa (PP)**, Con la balanza gramera se pesó la pulpa de cada fruto, este valor se lo expresa en gramos (g).

**8. Peso de la cáscara (PC)**, Una vez extraída la pulpa se colocó la corteza en la balanza para obtener este dato cuyo valor fue dado en gramos(g).

**9. Peso de semillas (PS)**, Con ayuda de una licuadora se procedió a triturar la pulpa para poder colar el jugo y separar las semillas, este dato fue expresado en gramos (g).

**10. Porcentaje de jugo (PJ)**, Una vez licuada la pulpa con ayuda de un colador se extrae la cantidad total de jugo para luego de esto colocar en una probeta y así determinar su valor, el cual está expresado en porcentaje (%).

**11. Producción por hectárea (PH)**, Una vez obtenido los resultados se procede a calcular el rendimiento por hectárea del cultivo. Esta variable está expresada en tn/h<sup>-1</sup>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ANOVA de un factor

Como se observa en la tabla 2 los resultados del ANOVA de un factor, las variables estudiadas demuestran que existe significancia ya que sus valores son menores al p-valor (0.05) en sus variables: Diámetro del tallo (DT), Número de frutos (NFR), Peso del fruto (PF), Grados brix (GB), Peso de la pulpa (PP), Peso de la cáscara (PC), Peso de semillas (PS), Porcentaje de jugo (PJ) y Producción por hectárea (PH).

Tabla 2. ANOVA y Tukey p-valor (<0.05)

Treat.	LH	AH	DT	NFR	PF	GB	PP	PC	PS	PJ	PH
<b>T1C1</b>	13.39a	15.21a	1.28b	20.35c	164.27b	13.84c	69.40c	90.29c	14.20c	32.06b	3.70c
<b>T1Parr</b>	13.64a	16.67a	1.35b	22.81c	141.45ab	13.70bc	59.63bc	78.45bc	13.45bc	31.46b	2.68c
<b>T2C1</b>	13.6a	16.17a	1.04a	14.72b	150.09ab	13.10ab	62.27c	81.81bc	11.09abc	25.97a	2.44b
<b>T2Parr</b>	13.91a	17.33a	0.95a	10.63ab	130.36a	12.57a	50.00ab	74.09ab	10.45ab	25.64a	1.15a
<b>T3</b>	12.77a	15.85a	0.96a	8.54a	127.27a	12.42a	45.36a	64.72a	9.27a	25.56a	1.20a
<b>F</b>	0.605	1,061	11,753	24,752	6,801	13,957	10,350	10,065	6,516	14.58	29.57
<b>Sig.</b>	0.661	0.386	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Según la prueba de Tukey en la variable diámetro de tallo (DT), el subconjunto "a" (T2C1, T3 y T2Parr), éste último presenta el promedio más bajo con un valor de 0.95 cm, mientras que en "b" el T1Parr con una media de 1.35 cm, destacó como el mejor en esta variable.

En la variable número de frutos (NFR), el subconjunto "a" representado por (T3 Y T2Parr), siendo el T3 quien

presenta el promedio más bajo con 8.54 frutos por planta, mientras que en "c" el T1Parr con una media de 22.81 frutos, obtuvo el mejor promedio.

El resultado que se obtuvo en el análisis de Tukey en la variable grados Brix (GB), el subconjunto "a" representado por (T3, T2Parr y T2C1), presentando el promedio más bajo el T3 con 12.42 grados Brix, mientras que en "c" el

T1C1 con una media de 13.84 grados Brix, es el valor más alto.

El análisis de Tukey en la variable peso del fruto (PF), el subconjunto "a" representado por (T3, T2Parr, T2C1 y T1Parr) mostraron las medias más bajas, al contrario de "b" (T1C1) que su promedio más alto fue de 164.27 g.

En la variable Producción \* hectárea (PH) la prueba de Tukey indica que el subconjunto "a" comprendido por (T2Parr y T3) presentaron las medias más bajas, mientras que el subconjunto "c" representado por (T1C1 Y T1Parr) obtuvieron los promedios más altos.

**Largo de la hoja (LH):** Se pudo demostrar que el T2Parr posee una media de 13.91 cm, frente al T3 con un promedio de 12.77 cm, por lo cual se determinó que no existe significancia entre los tratamientos. Zambrano, (2022) expone en su investigación que la longitud de la hoja varía entre 7 y 20 cm, por lo cual se puede definir que se encuentra dentro de los parámetros previamente estudiados en este cultivo. Dado este caso se puede deducir que el largo de la hoja no influye de manera significativa en el rendimiento del cultivo.

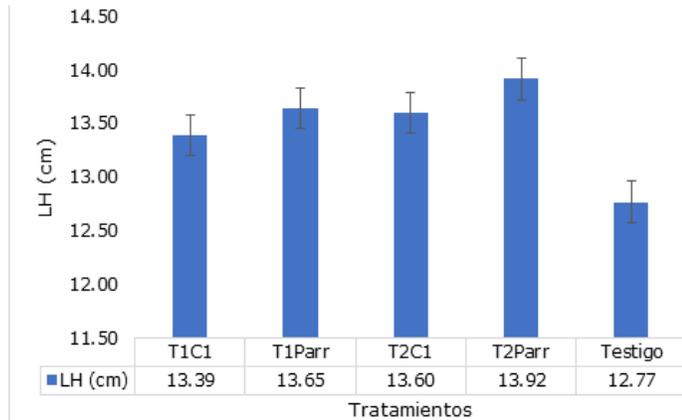


Figura 2. Medias y cuartiles para largo de la hoja (LH)

**Ancho de la hoja (AH):** El T2Parr con una media de 17.33 cm, comparado con el T1C1 con un valor de 15.21 cm, demuestran que no hay significancia entre los tratamientos. En el estudio establecido por Pereira et al., (2009) expresan que el ancho de la hoja de maracuyá va desde los 4.2 hasta los 10.5 centímetros, dato que no concuerda con la presente investigación ya que el ancho de la hoja mantiene una media entre los tratamientos de 17.33 a 15.21 cm.

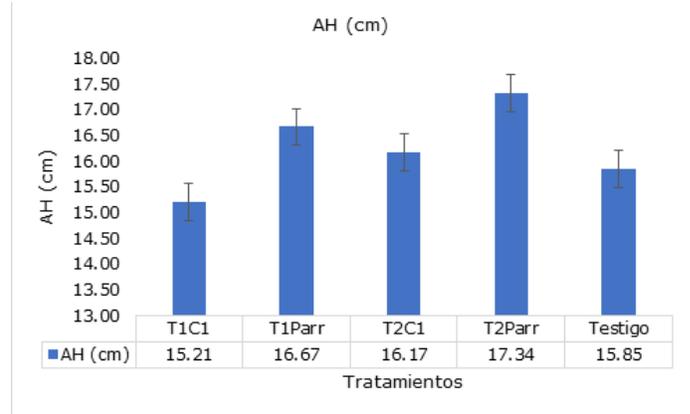


Figura 3. Medias y cuartiles para ancho de la hoja (AH)

**Diámetro del tallo (DT):** El T1Parr con un promedio de 1.35 cm respecto al T2Parr con una media de 0.95 cm presentó una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Según Potosí et al., (2008) demuestran en su investigación que el diámetro del tallo es de 1.98 a 2.45 cm, valores diversos a los que se obtuvo en el presente trabajo investigativo con valores de 0.9 a 1.35 cm, marcándose una diferencia en el tipo y frecuencia de fertilización utilizada por los investigadores antes mencionados.

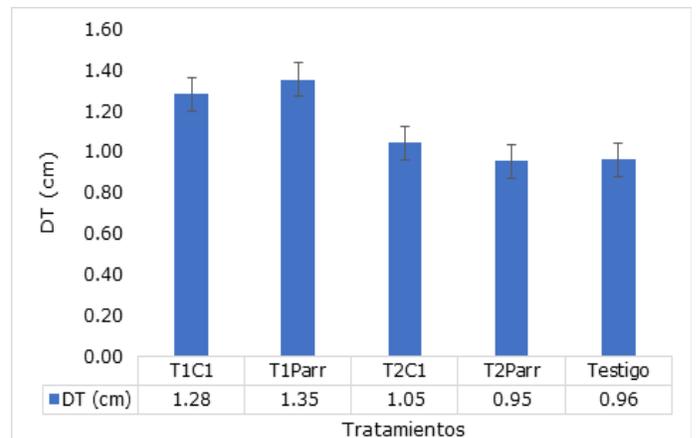


Figura 4. Medias y cuartiles para diámetro del tallo (DT)

**Número de frutos (NFR):** El T3 presentó una media de 8.54 frutos, valor inferior al T1Parr que obtuvo un promedio de 22.81 frutos, lo cual nos indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos de esta variable. En la investigación realizada por Cabezas, (2021) donde obtuvo un promedio de 15 frutos por planta con la aplicación de diversas fitohormonas, valor inferior al obtenido en la presente investigación.

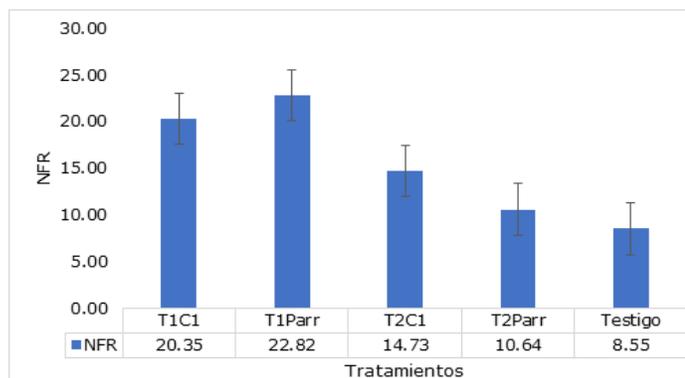


Figura 5. Medias y cuartiles para número de frutos (NFR)

**Peso del fruto (PF):** El T1C1 con un valor medio de 164.27 gr. fue superior al T3 que presenta 127.27 gr, lo cual establece que existe significancia entre los tratamientos. En la investigación que efectuaron Pinzón et al., (2007) dieron a conocer que el peso del fruto alcanzó un valor de 55.8 g. en promedio, sin embargo, en la presente investigación se determinaron pesos superiores con valores que oscilan entre los 127.27 a 164.27 g.

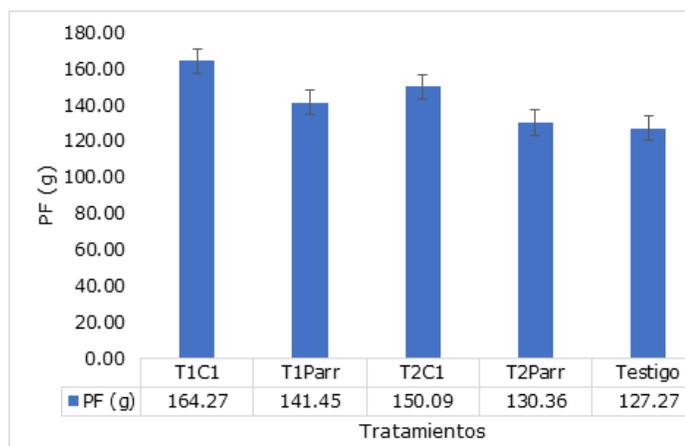


Figura 6. Medias y cuartiles para peso del fruto (PF)

**Grados Brix (GB):** El T1C1 con una media de 13.84 °Bx presentó un valor superior con relación al T3 cuyo promedio es de 12.42 °Bx, por lo tanto, se demuestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Como señala Mota, (2016) en su estudio que el mayor porcentaje de grados Brix alcanzado fue de 12.5, a diferencia de la presente investigación en donde se obtuvieron valores de 13.84 °Bx, indicando así que los reguladores fisiológicos empleados tuvieron una influencia en los resultados de esta variable estudiada.

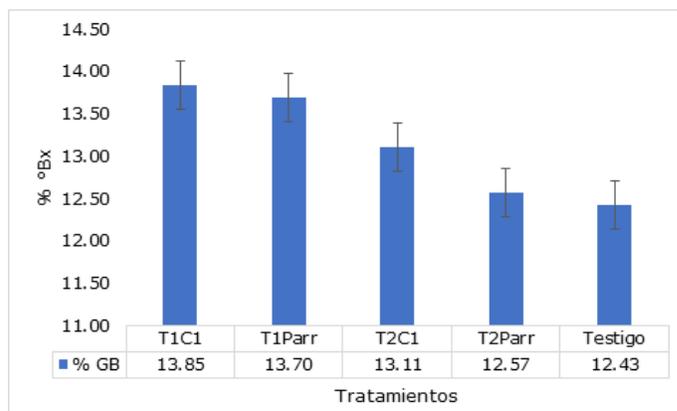


Figura 7. Medias y cuartiles para grados brix (GB)

**Peso de la pulpa (PP):** El T1C1 obtuvo el mayor promedio con 69.40 g frente al T3 que presenta una media de 45.36 g, lo cual demuestra que existe una diferencia significativa entre los tratamientos estudiados. Aular & Rodríguez (2003) en su trabajo investigativo destaca que el promedio del peso de la pulpa en maracuyá fue de 41.86 g. lo cual demuestra que existe una diferencia significativa con la aplicación de reguladores fisiológicos, obteniendo mayor cantidad de pulpa.

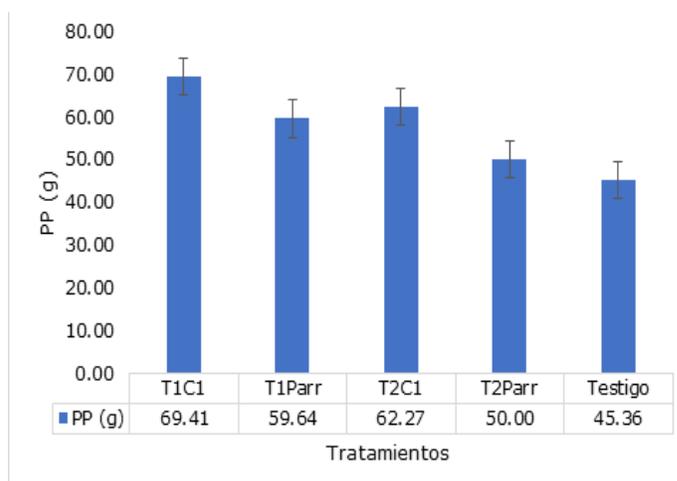


Figura 8. Medias y cuartiles para peso de la pulpa (PP)

**Peso de la cáscara (PC):** El T1C1 con una media de 90.29 gr. obtuvo una diferencia significativa con respecto al T3 que tiene un promedio de 64.72 g. Demostrándose así una diferencia significativa en esta variable de estudio. En la presente investigación el promedio del peso de la cáscara es de 64.72 g de acuerdo con Cabrera, (2011) en su estudio determinó que el peso de la cáscara en los frutos de granadilla presentó valores que oscilan entre 53.07 a 95.83 g dependiendo del estado de madurez del fruto, por ende, los valores están dentro de los rangos antes mencionados.

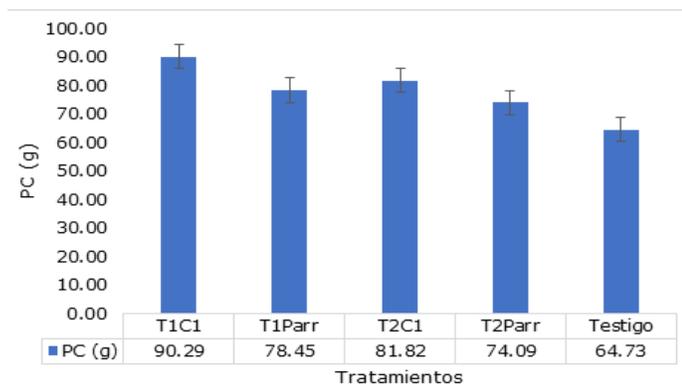


Figura 9. Medias y cuartiles para peso de la cáscara (PC)

**Peso de semillas (PS):** El T1C1 con un valor de 14.20 gr. presenta un mayor peso frente al T3 con un promedio de 9.27 gr, lo que nos indica que representa una diferencia significativa entre los tratamientos. De acuerdo con Espitia et al., (2008) manifiesta que el peso de las semillas se relaciona de manera indirecta con el peso del fruto para obtener mayor pulpa, por tal motivo indica que es factible utilizar este principio para lograr mejoramiento genético y obtener mejores rendimientos. Así mismo se puede apreciar en los resultados que esto se confirma con los valores obtenidos en el T1C1 que presenta los mayores pesos del fruto, pulpa y semilla.

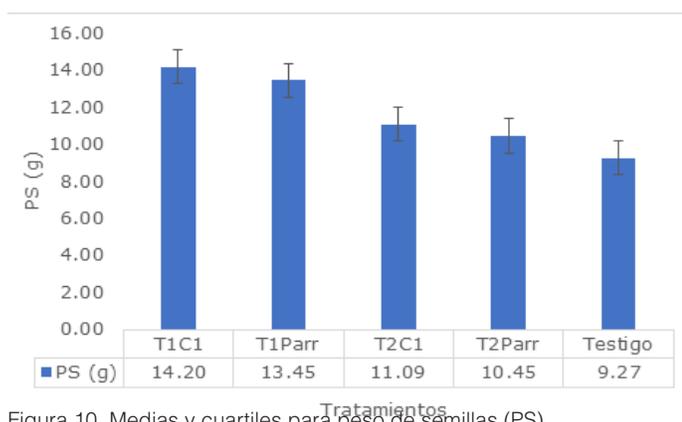


Figura 10. Medias y cuartiles para peso de semillas (PS)

**Porcentaje de jugo (PJ):** El Testigo presenta un valor de 25.57%, lo cual representa un promedio bajo en comparación al T1C1 que obtuvo una media de 32.06%, afirmando así que existe una diferencia significativa en estos tratamientos. Según lo expuesto por Ocampo et al., (2013) en su investigación declara que la media del porcentaje de jugo que obtuvo fue de 25.69%, siendo este promedio inferior al que se logró obtener mediante esta investigación con el uso de reguladores fisiológicos.

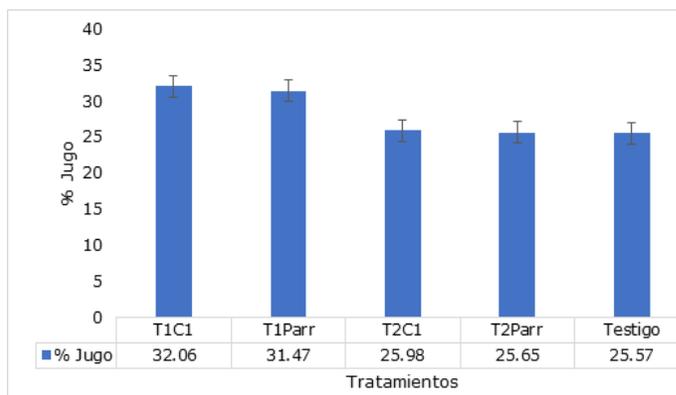


Figura 11. Medias y cuartiles para porcentaje de jugo (PJ)

**Producción por hectárea (PH),** El T1C1 obtuvo una producción de 3.7 tn/h<sup>-1</sup>, mientras que el T2Parr presentó el rendimiento más bajo con 1.15 tn/h<sup>-1</sup>. Quito & Segress, (2021) comentan que el rendimiento por hectárea en el cultivo de maracuya en la zona de Vega Rivera en la provincia de El Oro es de un máximo de 3 tn/h<sup>-1</sup>, evidenciando así que la aplicación de reguladores fisiológicos aportó a una mayor producción al cultivo.

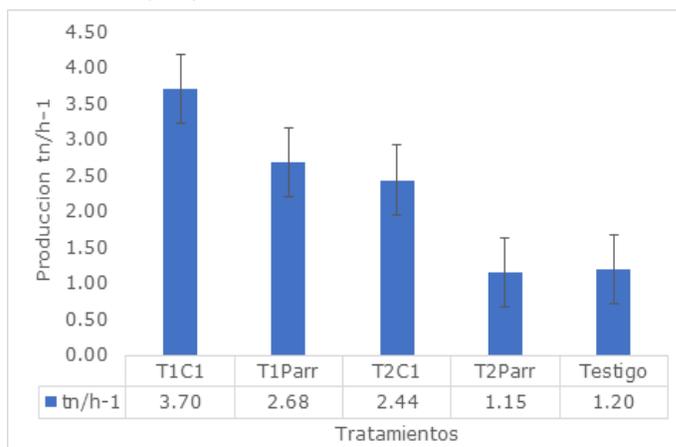


Figura 12. Medias y cuartiles para producción por hectárea (PH)

## CONCLUSIONES

El T1C1 (Enerplant + NewGibb + Kristalon + Fossil Shell Agro + Óxido de Zinc + Ácido Bórico + Biochar) presentó valores altamente significativos para el DT, NFR, PF, °Bx, PP, PC, PS, PJ y PH. Se determinó que el T1C1 que contiene 20 g \* Ha<sup>-1</sup> del regulador fisiológico (Enerplant) mejora la calidad de los frutos constituyendo una alternativa para incrementar la productividad del cultivo de maracuya, reduciendo los costos de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, A., Muñoz, O., Viltres, R., Boicet, T., & González, G. (2018). Efecto de Enerplant® en el rendimiento y calidad de la cebolla. *Centro Agrícola*, 45(2), 12-20. <https://doi.org/http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n2/cag02218.pdf>

- Alcantara, J., Acero, J., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129. <https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Aular, J., & Rodríguez, Y. (2003). Algunas características físicas y químicas del fruto de cuatro especies de pasiflora. *Bioagro*, 15(1), 41-46. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612003000100005&script=sci\\_art-text](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612003000100005&script=sci_art-text)
- Cabezas Quiñonez, K. J. (2021). *Efectos de la aplicación de tres fitohormonas en el cultivo del maracuyá (Passiflora edulis) en la parroquia Rosa Zarate*. Quinindé: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CABEZAS%20QUI%20C3%91ONEZ%20KEVIN%20JAIR.pdf>
- Cabrera Ponce, C. A. (2011). Caracterización de las propiedades físicas y químicas del fruto de granadilla, *passiflora ligularis juss.* *Universidad Técnica del Norte*, 14. <https://doi.org/http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/464/14/03%20AGI%20219%20ART%20C3%8dCULO%20CIENT%20C3%8dFICO.pdf>
- De Armas Costa, R., Martín Gómez, P. F., & Rangel Díaz, J. (2022). Gulupa (*Passiflora edulis Sims*), su potencial para exportación, su matriz y su firma de maduración: una revisión. *Ciencia y Agricultura*, 19(1), 15-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13822>
- Espitia, M., Vargas, L., & Martínez, G. (2008). Análisis de sendero para algunas propiedades del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 11(2), 131-140. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_art-text&pid=S0123-42262008000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_art-text&pid=S0123-42262008000200014)
- Gómez Cruz, M. (2005). Mercado mundial del maracuyá. *Revista vinculando*. [https://doi.org/https://vinculando.org/mercado/mercado\\_maracuya.html](https://doi.org/https://vinculando.org/mercado/mercado_maracuya.html)
- INIAP. (2015). *INIAP*. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rmaracuya>
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W., & Flórez, L. E. (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 98-119. <https://doi.org/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12824/56969.pdf?sequence=1>
- Mota, H. G. (2016). “Efecto del uso de fitohormonas y fertilización con boro sobre la nutrición, producción y calidad del fruto de maracuyá” (*Passiflora edulis F.v*) *INIAP 2009*.” Guayaquil, Ecuador: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/re-dug/11558/1/Rom%20a1n%20Mota%20Henry%20Gabriel.pdf>
- Ocampo, J., Urrea, R., Wyckhuys, K., & Salazar, M. (2013). Exploración de la variabilidad genética del maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*) como base para un programa de fitomejoramiento en Colombia. *Acta Agronómica*, 62(4), 352-360. <https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a09.pdf>
- Pereira, C., Kurita, H., Vega, R., Jiménez, M., Molinas, C., & Benítez, B. (2009). Evaluación de la morfo-anatomía foliar de *Passiflora alata Curtis* y *Passiflora edulis Sims*. *Steviana*, 1, 38-45. <https://doi.org/10.56152/ffs.v1i.1298>
- Pinzón, I., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims.*) *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a10.pdf>
- Potosí, C., Espinosa, F., & Guevara, P. (junio de 2008). Comportamiento agronómico de maracuyá amarillo *Passiflora edulis f. flavicarpa*, en condiciones ambientales de sabana inundable, municipio de Arauca. *Instituto de Estudios Orinocenses*, 18. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9300/Comportamiento\\_agronomico\\_de\\_maracuya\\_Arauca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9300/Comportamiento_agronomico_de_maracuya_Arauca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Quito León, E. P., & García Hevia, S. (2021). Evaluación productiva y económica en la producción de maracuyá, zona Vega Rivera, El Oro. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(2), 86-94. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v30n2/2071-0054-rcta-30-02-e09.pdf>
- Suárez, J. C., Pérez, J. A., & Gómez, R. U. (2014). La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa Degener*) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA*, 25(1), 11. <http://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v25n1/a08v25n1.pdf>
- Zambrano Reyes, I. D. (2022). *Evaluación de las relaciones fenotípicas y potencial agronómico de siete cultivares de maracuyá (passiflora edulis L.)*. Machala: Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18492/1/TTUACA-2022-IA-DE00018.pdf>

**EVALUACIÓN DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa x paradisiaca*)****EVALUATION OF RADICULAR STIMULANTS IN BANANA CULTURE (*Musa x paradisiaca*)**

Yordy Bryan Córdova Girón<sup>1</sup>

E-mail: [ycordova1@utmachala.edu.ec](mailto:ycordova1@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9273-0961>

José Nicasio Quevedo Guerrero<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Abrahán Rodolfo Cervantes Alava<sup>1</sup>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6223-8661>

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

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Córdova Girón, Y. A., Quevedo Guerrero, J. N., Cervantes Alava, A. R. (2022). Evaluación de Estimulantes Radiculares en el Cultivo de Banano (*Musa x Paradisiaca*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 148-157. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

## RESUMEN

Ecuador es un país que presenta características particulares para la producción de banano en cada una de sus zonas. Este rubro mejora la economía nacional creando divisas y fuentes de trabajo. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de los estimulantes radiculares en la producción del cultivo de banano. La investigación se realizó en la Hacienda "María Paola" ubicada en el Cantón la Iberia, El Oro, Ecuador, se utilizó un experimento factorial de bloques al azar con 14 tratamientos con cuatro aplicaciones bimensuales, las variables estudiadas fueron; altura, emisión foliar, fuste del retorno (hijo), peso total de raíces, peso de raíces sanas, dañadas y secas; peso de racimo, peso de raquis, peso total de manos por racimo, número de manos y número de dedos de la mano del sol. Los tratamientos 8 y 7 obtuvieron valores superiores en las variables de altura y fuste del hijo, pero en emisión foliar el tratamiento 14 obtuvo mayor número de hojas. El mejor rendimiento se registró en los tratamientos 8 y 6, sin embargo, el mayor número de manos por racimo lo obtuvo el tratamiento 3, los tratamientos 12, 2 y 5 donde se aplicó los estimulantes Synergil 3-4-5 plus, AMINOQUELANT-CA y Zn obtuvieron valores superiores en porcentaje y peso total de raíces sanas, el T14 obtuvo mayor peso total de raíces dañadas y secas.

## Palabra clave:

Aplicación eficiente, enmiendas con Fósforo, aminoquelantes, residuos de animales.

## ABSTRACT

Ecuador is a country that presents particular characteristics for the production of bananas in each of its zones. This item improves the national economy by creating foreign exchange and job sources. The objective of the present study was to determine the effect of root stimulants on banana crop production. The research was carried out at the Hacienda "María Paola" located in the Iberia Canton, El Oro, Ecuador, a random block factorial experiment was obtained with 14 treatments with four bimonthly applications, the variables studied were; height, foliar emission, stem of the return (son), total weight of roots, weight of healthy, damaged and dry roots; bunch weight, rachis weight, total weight of hands per bunch, number of hands and number of fingers of the sun's hand. Treatments 8 and 7 obtained higher values in the variables of height and stem of the sucker, but in foliar emission, treatment 14 obtained a greater number of leaves. The best yield was produced in treatments 8 and 6, however, the highest number of hands per bunch was obtained by treatment 3, treatments 12, 2 and 5 where the stimulants Synergil 3-4-5 plus, AMINOQUELANT-CA and Zn obtained higher values in percentage and total weight of healthy roots, T14 obtained higher total weight of damaged and dry roots.

## Keywords:

Efficient application, phosphorus amendments, amino-chelators, animal residues.

## INTRODUCCIÓN

Las musáceas de frutos comestibles, se han constituido en el cuarto rubro alimenticio energético de importancia en el mundo, y primero entre las frutas (Brenes, 2017). La planta de banano es originaria del sureste asiático y actualmente está distribuida en diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo. Los clones de banano como Valery, William y Gran Enano a nivel mundial son considerados comerciables para la exportación (Colque, 2017).

El cultivo de banano posee una gran carga económica en ciertas provincias del Ecuador, según el registro del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ecuador tiene alrededor de 162.236 hectáreas sembradas de Banano (Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, 2017)

Además de que es una fruta muy exquisita y apetecible, contiene nutrientes que favorecen el aprendizaje de los niños y ayuda a combatir algunas enfermedades como la anemia y afecciones del sistema digestivo (Juca et al., 2017).

Ecuador es un país que presenta características particulares para la producción de banano en cada una de sus zonas productoras bananeras, que mejora la economía y la sociedad, creando divisas y fuentes de trabajo (Capa et al., 2017). La exportación de cajas de banano representa el segundo recurso de ingresos después del petróleo (Vásquez, 2017).

Casi el 85%, procede de parcelas relativamente pequeñas y huertos familiares, en donde no hay información estadística (Martínez & Cayón, 2011). Dentro de los cultivos de banano las prácticas en campo como poda, fertilización, riego y la aplicación de estimulantes son parte fundamental del desarrollo de las plantas. La deficiencia, exceso o desbalance de nutrientes conduce a la ocurrencia y severidad de muchas enfermedades (Chávez & Araya, 2009).

En zonas bananeras el exceso de fertilizantes provoca daño al sistema radicular la misma se vincula con el rendimiento de este cultivo, pero ante este problema se emplea estimulantes radiculares con el beneficio de que produzcan raíces sanas. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de los estimulantes radiculares aplicados en el cultivo de banano, como alternativa para incrementar la cantidad de raíces funcionales para el buen desarrollo de las plantas de banano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en campo abierto desde noviembre de 2020 hasta junio del 2021 en la Finca “María Paola”, ubicada en Iberia- El Guabo con coordenadas geográficas: 3°14'30.27" S y 79°53'41.52" O. Las características edafológicas del área experimental señalan ser pertenecientes a los grupos aluviales, se localiza en zonas de llanura de sedimentación con topografía llana a ligeramente ondulada, y estos suelos se han utilizado durante mucho tiempo para el cultivo de banano (Villaseñor *et al.*, 2015)

Material Genético, se tomaron un total de 850 plantas de banano clon Cavendish por cada tratamiento. Caracterizada por ser una planta con pseudotallo alto, hojas anchas, frutos medianos de excelente calidad, es resistente a la raza 1 de *Fusarium oxysporum*, tolerante al viento y a la sequía. (Robinson J., 2012).

**Métodos**, el diseño experimental utilizado fue factorial, se aplicaron los productos enriadores en la finca “María Paola”, con bombas de mochila manuales de 20 litros, la aplicación fue en drench (es una técnica que consiste en aplicar sobre la superficie del suelo), dirigido en la planta madre y al hijo, cuenta con un cultivo establecido de 15 hectáreas de banano, la distribución fue en bloques de 0,5 hectáreas para cada tratamiento, para la investigación se usaron en total 14 tratamientos diferentes.

Desde el inicio del experimento se realizó el muestreo de raíces antes de la aplicación, para la evaluación de crecimiento vegetativo se orientó a las plantas con características morfológicas específicas; planta madre con racimo, altura del hijo aproximadamente 1,30 metros, la evaluación se realizó cada semana.

**Tratamientos estudiados**, se establecieron 14 combinaciones tales como las que se muestran en la tabla 1, usándose 10 productos enraizados con sus dosis comerciales, a cada planta se aplicó 80 centímetros cúbicos de la mezcla, la frecuencia de aplicación se estableció cada 2 meses por 4 aplicaciones.

Tabla 1. Tabla de los tratamientos

COD	TRATAMIENTOS	DOSIS/ Planta	Total, de plantas
T1	EUTROFIT (1,5 L.)	80 CC	850
T2	EUTROFIT (1 l.) + SYNERGIL 3-4-5 PLUS (1/2 l.) + BIOCHAR (2,5 kg)	80 CC	850
T3	EUTROFIT (1 l.) + SYNERGIL 3-4-5 PLUS (1/2 l.) + POW HUMUS (1/2 kg)	80 CC	850
T4	EUTROFIT (1 l.) + SYNERGIL 3-4-5 PLUS (1/2 l.) + ACTIV-80 DS (0,5 kg)	80 CC	850
T5	SYNERGIL 3-4-5 PLUS (1,5 l.)	80 CC	850
T6	BIO-MA (2 l.) + BRUMICK (0,5 kg)	80 CC	850
T7	BIO-MA (2 l.) + BIOCHAR (2,5 kg)	80 CC	850
T8	BIO-MA (2 l.) + POW HUMUS (0,5 kg)	80 CC	850
T9	BIO-MA (2 l.) + ACTIV-80 DS (0,5 kg)	80 CC	850
T10	AMINOQUELANT-Ca (1 l.) + AMINOQUELANT-Zn (0,5 l.)	80 CC	850

T11	AMINOQUELANT-Ca (1 l.) + AMINOQUELANT-Zn (0,5 l.) + BIOCHAR (2,5 kg)	80 CC	850
T12	AMINOQUELANT-Ca (1l.) + AMINOQUELANT-Zn (0,5 l.) + POW HUMUS (0,5 kg)	80 CC	850
T13	AMINOQUELANT-Ca (1 l.) + AMINOQUELANT-Zn (0,5 l.) + ACTIV-80 DS (0,5 kg)	80 CC	850
T14	TERRA-SORB-FOLIAR (1 l.) + AMINOQUELANT-Ca (0,5 l.)	80 CC	850

Variables evaluadas: para el ensayo se evaluaron las siguientes variables

**Muestreo de Raíces de banano**, por cada tratamiento de seleccionan 5 plantas al azar, para el muestreo se realizó un ortoedro, frente a la planta madre y al hijo a 5 cm de distancia de la base de la planta con una pala bien afilada de dimensiones 30 cm largo x 15 cm ancho x 30 cm profundidad, equivalente a 13,5 cm<sup>3</sup>, según la metodología realizada por Granda (2021), se introdujo una pala delimitando un rectángulo con la dimensiones ya propuestas, se extrajo el suelo en conjunto con las raíces en un lugar cercano pero limpio, se colectó sólo las raíces en una funda plástica transparente sin orificios, etiquetamos el número de la muestra y el tratamiento, se transportó todas las muestras a un lugar protegido por el sol, para evitar la desecación, se procedió con la limpieza de las muestras de raíces para lavarlas y eliminar el exceso del suelo, se volvió a colocarlas dentro de las fundas plásticas con sus respectivas etiquetas, para luego realizar el análisis de raíces (Chávez et al., 2009).

**Porcentaje de raíces sanas de la primera y última aplicación**, Para la evaluación del porcentaje de raíces, se tomó una muestra y se colocó en una balanza digital para obtener el peso total de la muestra, luego de la misma muestra se seleccionaron las raíces en 4 parámetros; peso total de raíces (**PTR**), raíces sanas (**PRS**), raíces dañadas o infectadas (**PRD**) y raíces secas (**PRSC**), luego se las pesó nuevamente por separado, para la obtención del porcentaje de las raíces sanas (**PRRS**) se efectuó el cálculo matemático, de la siguiente manera, **% RS= peso raíces sanas (g) X 100 / peso total de raíces (g)**, esto se realizó para cada tratamiento.

**Tabla 2.** ANOVA de un factor

Var.	AH	FR	EMR	PTR	PRS	PRD	PRSC	PRRS	PTMR	PRAQ	PTRAC	ND	NM
1	4,8 abc	101,9 a	25,1 d	67 a	39,4 a	19,6 ab	7,9 a	60,3 a	55,9 a	7 abc	62,9 a	6,6 ab	21,4 a
2	4,5 a	103,7 a	25,8 d	79,8 a	42,3 a	26,3 b	11,2 a	56,1 ab	61,4 a	7,9 abc	69,2 a	7 ab	18,4 a
3	4,7 abc	104,5 ab	24,8 cd	54,5 a	33,3 a	17,3 ab	3,9 a	62,4 abc	67 a	9,5 bc	76,5 a	6,8 ab	20,8 a
4	4,7 abc	99,5 a	21,5 ab	78,3 a	60,3 a	10,8 ab	7,3 a	75,6 bc	56,9 a	7,1 abc	63,9 a	6,7 ab	19,1 a
5	5,1 abc	96,5 a	21 a	57,8 a	47,4 a	6,5 a	3,9 a	77,4 c	63,6 a	8,7 abc	72,3 a	6,8 ab	20 a
6	4,5 a	95,5 a	23,8 abcd	54,2 a	28,5 a	20,7 ab	0,21	53,3 abc	67,1 a	9,9 c	77,1 a	7,7 b	24,2 a
7	5,2 c	122,5 ab	21,9 abc	56,7 a	36,5 a	9,7 ab	10,5 a	64,1 abc	64,9 a	8,3 abc	73,2 a	7,2 ab	20,8 a
8	5,1 bc	134,1 b	22,3 abcd	54,4 a	34,3 a	10,3 ab	9,7 a	62,5 abc	71,8 a	9,3 abc	81,1 a	8 b	24,6 a

### Medición de variables morfológicas

**Altura del retorno (AH)**, se realizó con una cinta métrica desde la base del pseudotallo, hasta la bifurcación en v de la últimas hojas.

**Fuste del retorno (FR)**, La circunferencia del pseudotallo se realizó la medición comprendida desde el ras del suelo hasta medir a 40 cm. a partir de dicha medición se mide la circunferencia de la planta.

**Emisión Foliar del retorno (EMR)**, Para la emisión foliar se realizó el conteo semanalmente de forma visual de las hojas presentes hasta la última hoja emitida.

### Medición de Variable de rendimiento

La evaluación de variables de rendimiento se realizó cuando las plantas madres seleccionadas estaban para la cosecha luego se procedió la evaluación al momento de ser cortadas.

**Peso del racimo (PTRAC)**, Se evaluó el peso del racimo se tomó con una balanza digital y se la expresó en libras.

**Peso del raquis (PTRAQ)**, El peso del Raquis se tomó con una balanza digital y se lo expresó en libras.

**Peso de manos por racimo (PTMR)**, se evaluó el peso total de manos con una balanza digital y se midió en libras.

**Número de manos (ND)**, para el conteo de número de manos se realizó en base a las manos presentes en cada racimo.

**Número de dedos de la mano del sol (NM)**, Número de dedos mano del sol y última mano se realizó el conteo de los dedos de forma visual.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*Derivado del análisis de los datos obtenidos en las variables evaluadas se obtuvieron los siguientes resultados*, la tabla 2 de análisis de ANOVA de un factor, cuyos resultados manifiestan diferencias significativas entre las siguientes variables por lo que sus valores son menores al valor ( $p=0.05$ ), las variables como largo de dedo de la última mano y peso total de raíces no coinciden por los reportados por Brito (2022), valor influenciado por los productos que se aplicaron en el ensayo.

9	4,9 abc	107,7 ab	24,5 bcd	64,8 a	42,3 a	12 ab	10,5 a	64,6 abc	55,6 a	6,9 ab	62,5 a	6,2 a	16 a
10	4,7 abc	104,3 ab	22,9 abcd	64,9 a	41,8 a	14,8 ab	8,3 a	64,3 abc	64,5 a	7,3 abc	71,7 a	6,4 ab	19,4 a
11	4,7 abc	101,4 a	25,5 d	66,7 a	39,2 a	23,6 a	3,9 a	58,5 abc	63,9 a	6,4 a	70,3 a	6,4 ab	21 a
12	4,6 abc	107,7 ab	23,6 abcd	69,1 a	47,4 a	11,7 ab	10,1 a	65 a	64,7 a	7,7 abc	72,3 a	6,8 ab	20,6 a
13	4,7 abc	99,9 a	25,1 d	54,8 a	32,9 a	16,1 ab	5,9 a	62,7 abc	66,2 a	8,5 abc	74,7 a	7,6 ab	21,6 a
14	4,6 abc	102,5 a	26,3 d	51,8 a	30 a	15,5 ab	6,3 a	57,7 abc	58,8 a	7,2 abc	65,9 a	6,4 a	17,4 a
Sig.	0,001	0,005	0	0,815	0,385	0,011	0,157	0,01	0,509	0,002	0,364	0,044	0,092

**ALTURA DEL RETORNO (AH)**, en la tabla 2, para el análisis estadístico de la altura del retorno, se aplicó la prueba post hoc - Tukey con una confiabilidad del 95%, que agrupa a los tratamientos en 3 subconjuntos homogéneos, dando un p-valor mayor a 0.05 en cada uno de ellos, se muestra que el T7 obtuvo un mayor valor de 5,2 y el T6 con un valor menor de 4,4 metros, resultados similares por los reportados por Granda (2021), quien demostró que la aplicación de estimulantes radiculares en las plantas madre (con racimo) produce un incremento en la altura del retorno.

**FUSTE DEL RETORNO (FR)**, en la tabla 2, para el análisis estadístico del fuste del retorno, se aplicó la prueba Post Hoc - Tukey con una confiabilidad del 95%, que agrupa a los tratamientos en 2 subconjuntos homogéneos, dando un p valor mayor a 0,159 y 0,06 en cada uno de ellos, se muestra que el tratamiento 6 obtuvo una media de 95,46 cm de fuste, y T8 con una media de 134,06 ocupando el mayor valor para esta variable. Los resultados obtenidos en el experimento son similares a los reportados por Socola (2021) quien uso dos estimulantes radiculares para evaluar la emisión foliar en el cultivo de banano, pero similares por Granda (2021), quien demostró incremento en el fuste del retorno.

**EMISION FOLIAR DEL HIJO (EMR)**, la prueba de subconjuntos homogéneos clasificó a las medias en 4 grupos con un p valor de 0,108 para el subconjunto 1, 0,91 para el subconjunto 2, 0,086 para el subconjunto 3 y 0,091 para

el cuarto subconjunto, mostrando que no hay diferencia significativa entre los grupos, T5 obtuvo una media menor al resto con 21,04 y el T14 obtuvo una media superior en emisión foliar del retorno (Tabla 2), valores que difieren con lo expresado por Miranda et al., (2021) quienes obtuvieron datos a partir de la utilización de cormos de planta de banano clon Williams, pero similares por los expresados por Socola (2021) quien uso dos estimulantes radiculares para evaluar la emisión foliar en el cultivo de banano

#### MUESTREO DE RAÍCES

**PESO DE RAÍCES (PTR)**, La prueba estadística muestra un p-valor=0,815; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso total de raíces es igual estadísticamente (Tabla 2) no coinciden por los reportados por Brito (2022), valor influenciado por los productos que se aplicaron en el ensayo.

Los resultados obtenidos en el peso total de raíces (Figura 1), muestran que los tratamientos T5, T7, T13, T8, T3, T6 y T14 registraron los menores valores, se comportan de manera similar, pero diferente estadísticamente a T2 y T12 que presentaron los mayores valores con una media respectivamente de 85,5 y 84,24 gramos, siguiéndole en orden decreciente los tratamientos T4, T1, T11, T10, T9, los efectos de la aplicación de Aminoquelant Ca y Zn en el T12 es inferior a lo reportado por Granda (2021), valor que obtuvo una media de 120 gramos, influenciado por los diferentes estimulantes radiculares que aplicó.

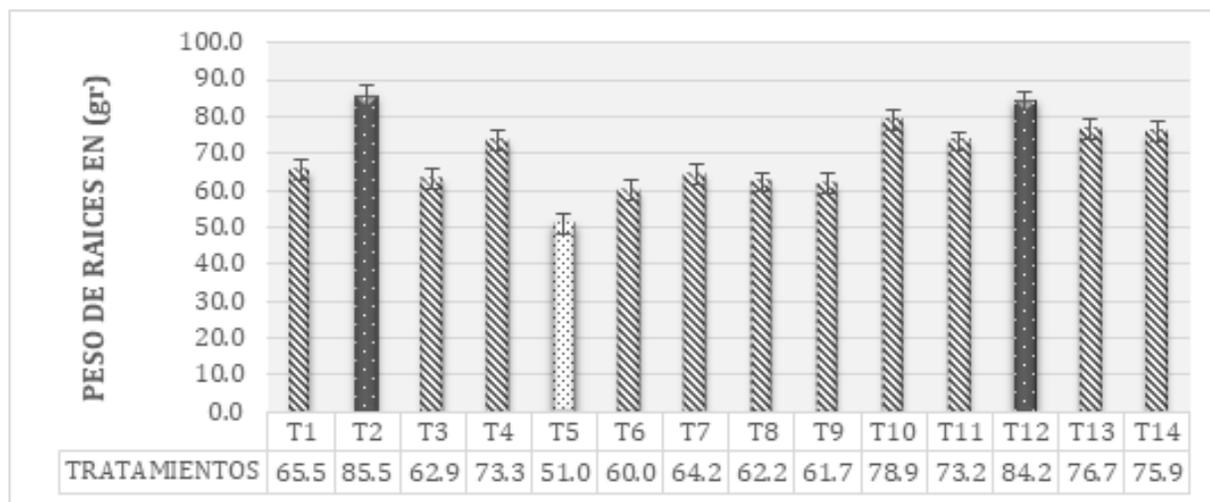


Figura 1. Variable peso de raíces en gramos (PTR)

**PESO DE RAÍCES SANAS (PRS),** La prueba estadística muestra que en el peso de raíces sanas se obtuvo un p-valor=0,385; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso de raíces sanas es igual estadísticamente (Tabla 2) no coinciden por los reportados por Granda (2021), valor influenciado por los productos que se aplicaron en el ensayo.

Los resultados obtenidos en el peso de raíces sanas (Figura 2), muestran que el T12 obtuvo el mayor valor con

una media de 73,5 gramos, diferente estadísticamente al resto de combinaciones de tratamientos, siguiéndole en orden decreciente los tratamientos T10, T4, T2 mostraron respectivamente valores con una media de 64, 62, 55,4, pero con diferencia estadística a los tratamientos T9, T11, T13, T8, T5, T14, T7, T1, T6 y T3 que presentaron los menores valores, resultados que no coinciden con lo expresado por Vargas & Araya (2018), resultados influenciados por el clima y el tipo de suelo.

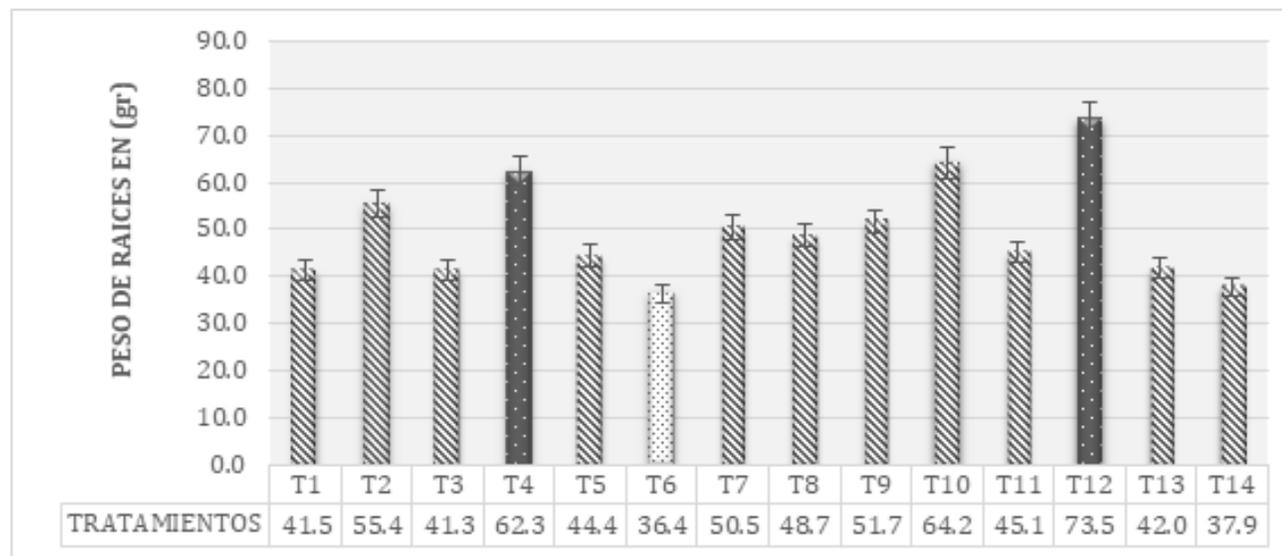


Figura 2. Variable peso de raíces sanas en gramos (PRS)

**PESO DE RAÍCES DAÑADAS (PRD),** La prueba estadística muestra que en el peso de raíces dañadas se obtuvo un p-valor=0,385; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso de raíces dañadas es igual estadísticamente (Tabla 2). En la figura 3 se observan los resultados de raíces dañadas los tratamientos T4, T5, T9, T12, T7 y T5 mostraron comportamientos similares, obteniendo los menores valores,

pero diferente estadísticamente al T13 y T14 que presentaron los mayores valores con una media de 29,3 y 29 g; siguiéndole en orden decreciente al T1, T3, T6, T8 y T10, los resultados obtenidos en el T14, difiere con lo reportado por Granda (2021), valor influenciado por el tipo de suelo de orden entisol, por la aplicación de diferentes estimuladores radiculares.

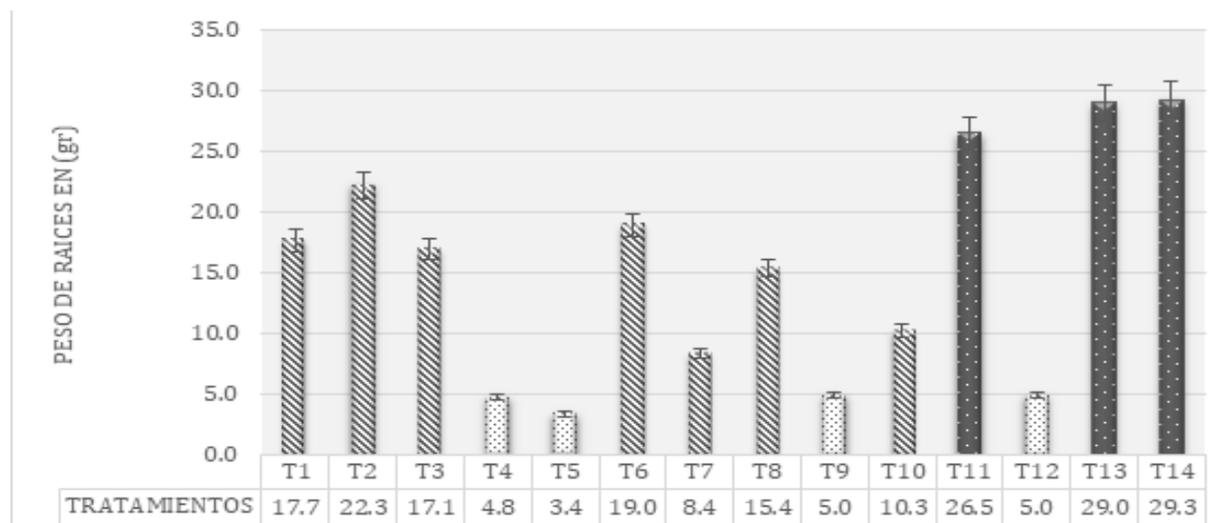


Figura 3. Variable peso de raíces dañadas en gramos (PRD)

**PESO DE RAÍCES SECAS (PRSC)**, La prueba estadística muestra un p-valor=0,157; menor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso de raíces secas es diferente estadísticamente (Tabla 2) no coinciden por los reportados por Brito (2022), valor influenciado por los productos que se aplicaron en el ensayo. Los resultados obtenidos en el experimento los tratamientos T11, T5 y T3 obtuvieron valores menores,

pero diferente estadísticamente el T14 con una media de 8,6 gramos; siguiéndole en orden decreciente al T11 y T2 con una media de 7,8 gr; seguido de T12, T8, T10, T1, T4, T7, T13 y T6 (Figura 4). Estos resultados difieren con los obtenidos por Granda (2021), quienes alcanzaron un peso de 35 gramos de raíces secas valor superior a lo obtenido en el T14.

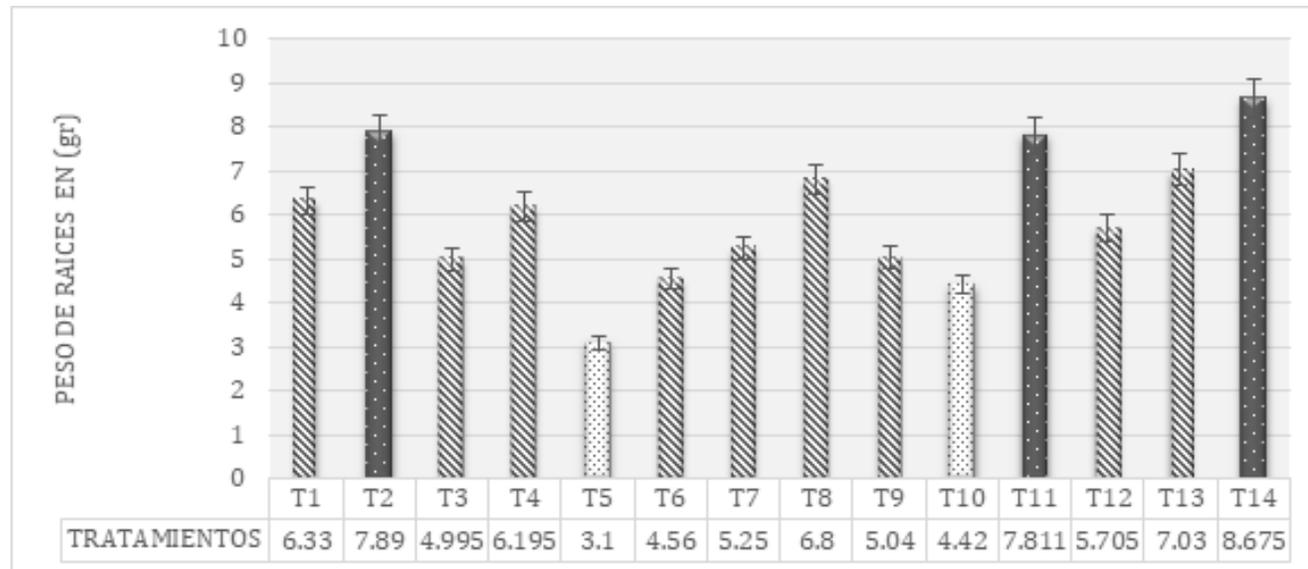


Figura 4. Variable peso de raíces secas en gramos (PRSC)

**PORCENTAJE DE RAÍCES SANAS (PRRS)**, La prueba estadística muestra un p-valor=0,010; menor a 0,05 evidenciándose que, el porcentaje de raíces sanas es diferente estadísticamente (Tabla 2). Las combinaciones de tratamientos T13 y T14 obtuvieron los valores más bajos con una media respectivamente 57 y 52,8 %; seguido en orden creciente a T8, T7, T10, T11, T3, T1, T2, T6 y T4.

Los tratamientos T5, T9 y T12 obtuvieron los mayores valores con una media de 86, 83 y 82%, diferente estadísticamente al resto de tratamientos estudiados (Figura 5).

El T5 obtuvo una media de 86,8 % resultado superior a lo alcanzado por Brito (2022), quienes obtuvieron un resultado inferior, valor influenciado por el tipo de suelo de orden entisol y estimulantes radiculares diferentes.

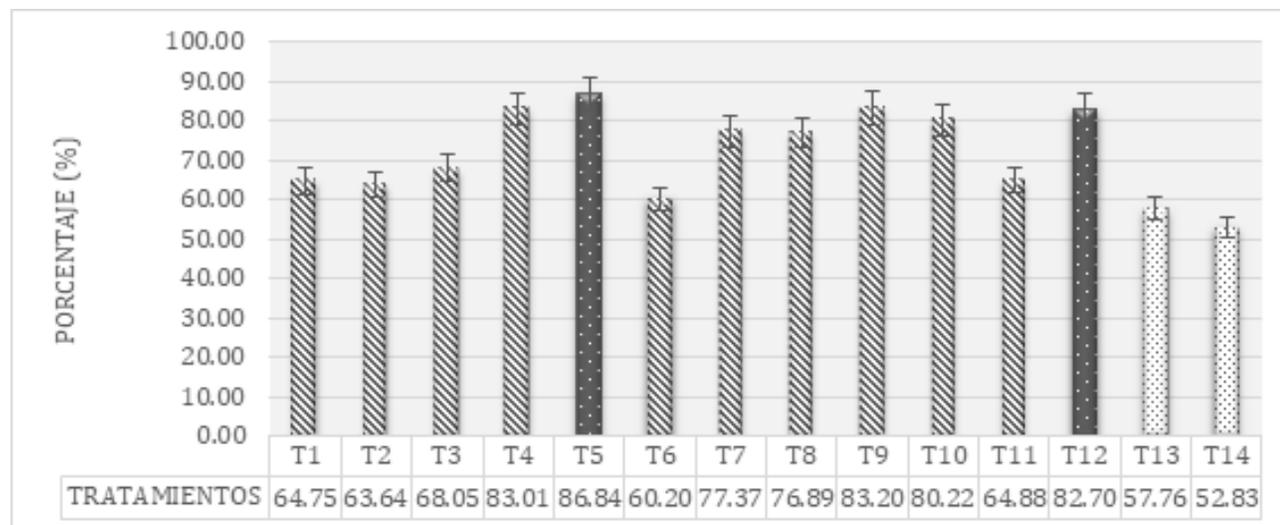


Figura 5. Variable porcentaje de raíces sanas en porcentaje (PRRS)

RESULTADOS TOMADOS EL DIA DE COSECHA

**PESO DEL RACIMO (PTRAC)**, la prueba estadística obtuvo un p-valor=0,364; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso de racimo no existe diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2). Los resultados obtenidos en el experimento (Figura 6), el T8 obtuvo un valor mayor con una media de

81,1 libras diferente estadísticamente al resto; seguido en orden decreciente los tratamientos T6, T3, T13, T7, T12, T5, T10, T11, T2, T14, T4, T1 y con el valor más bajo el T9 con una media de 62,5 libras. El resultado obtenido en el T8, difiere con lo expresado por Tenesaca *et al.*, (2019), que registró una media de 46 libras, valor influenciado por plantas obtenidas de “cormitos” (parte vegetativa donde se desarrollan las yemas basales del banano).

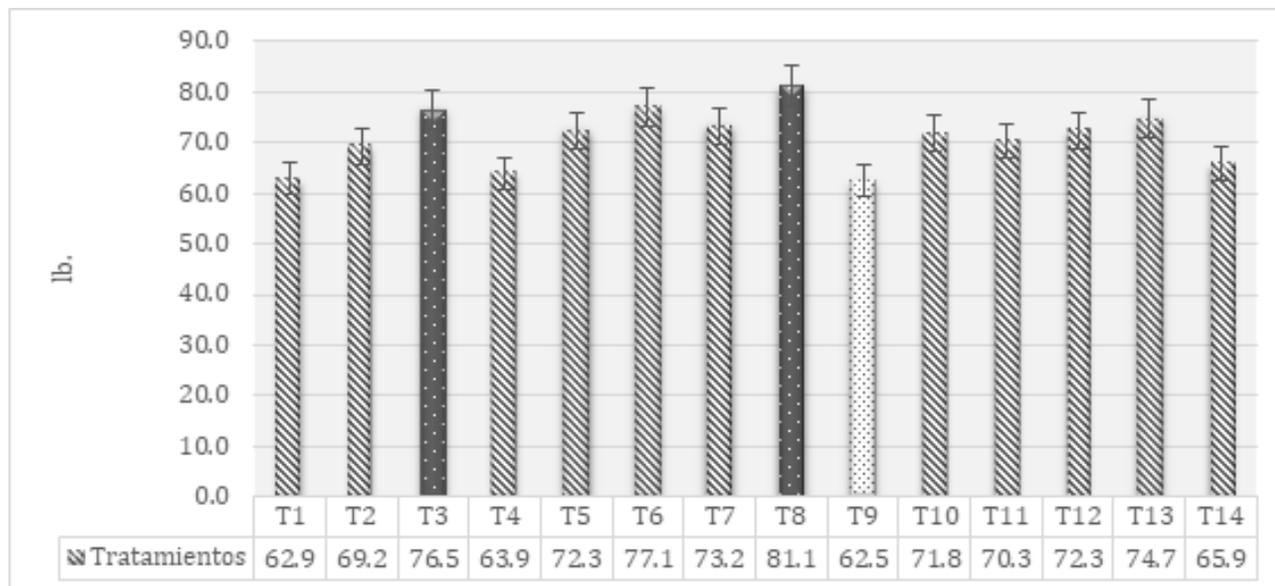


Figura 6. Variable peso del racimo en libras (PTRAC)

**PESO DEL RAQUIS (PRAQ)**, se obtuvo un p-valor=0,002; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso de racimo es diferente estadísticamente significativas (Tabla 2).

El T6 obtuvo una media de 10 lb, seguido de orden decreciente el subgrupo homogéneo el T3. T8, T5, T13, T7,

T2, T12, T10, T4, T14, T4 y T1. Los tratamientos T9 y T11 expresaron los valores más bajos con una media de 6,9 y 6,4 lb (figura 7). El T6 que se obtuvo en el experimento es superior a lo obtenido por Tenesaca *et al.*, (2019), que registró una media de 6,83 libras, resultado influenciado por la aplicación de biocarbon en plantas obtenidas de “cormitos” del clon Williams.

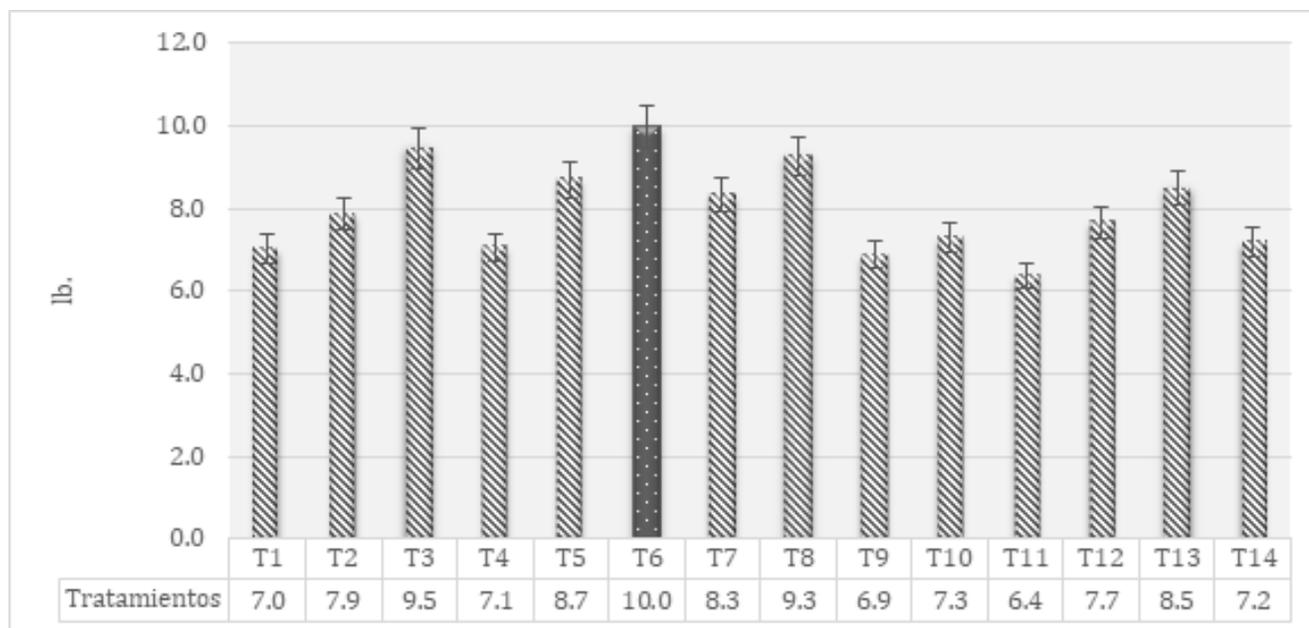


Figura 7. Variable peso del raquis en libras (PRAQ)

**PESO DE MANOS POR RACIMO**, en la prueba estadística se obtuvo un p-valor=0,509; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento formada, el peso total de manos por racimo no existe diferencias significativas (Tabla 2).

El T8 obtuvo mayor valor con una media de 71,8 libras, estadísticamente diferente al resto de tratamientos, siguiéndole en orden decreciente los tratamientos T6, T3, T13,

T7, T12, T10, T11, T5, T2, T4, T14; los tratamientos T1 y T9 mostraron los menores valores con una media de 55,9 y 55,6 libras respectivamente (figura 8), los resultados obtenidos no coinciden por los que presenta Miranda et al., (2021) difieren con una media de 61 lb, valor influenciado por la fertilización inyectada cormos de plantas de banana clon Williams, valor inferior al T8 obtenido.

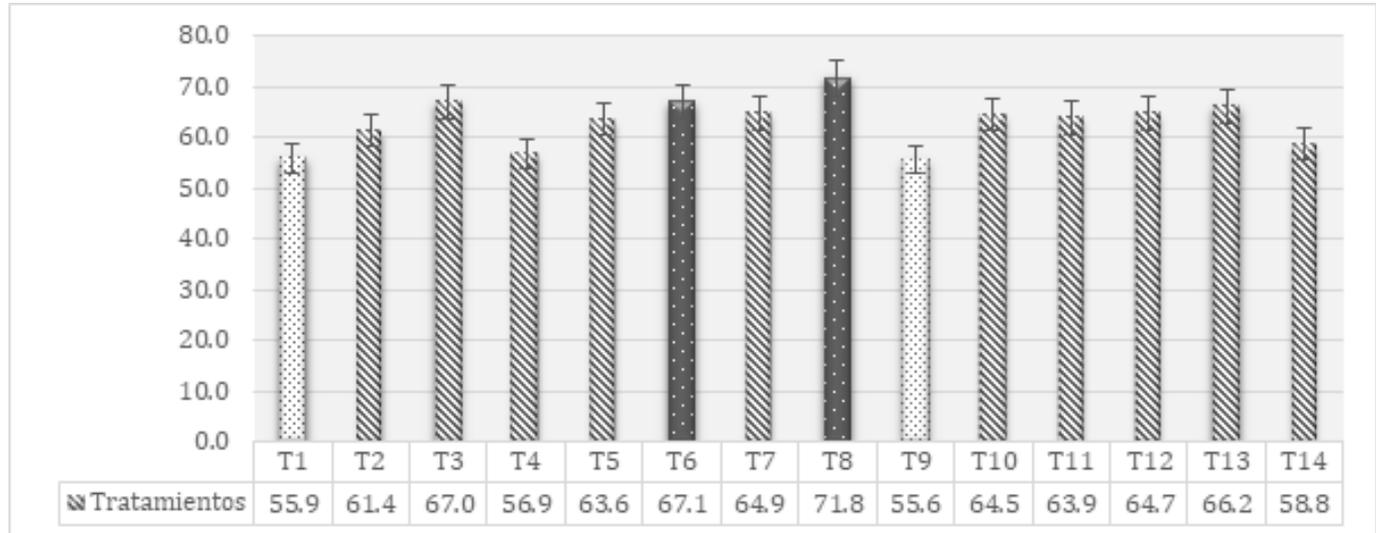


Figura 8. Variable peso de manos por racimo en libras (PTMR)

Número de manos (NM), se obtuvo un p-valor=0,092; mayor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento, el número de manos no existe diferencia estadísticamente (Tabla 2).

Los tratamientos T8, T6 y T7 con una media 8,0 7,7 y 7,6 manos respectivamente, obtuvieron los mayores valores,

siguiéndole en orden decreciente los tratamientos T5, T2, T3, T12, T4, T1, T14, T11 con un comportamiento no diferentes estadísticamente; T10 y T9 que presentaron los menores valores (Figura 9), los resultados obtenidos coinciden por los reportados por Miranda et al., (2021), quien utilizó enmiendas de biocarbon en cormos de banana clon Williams.

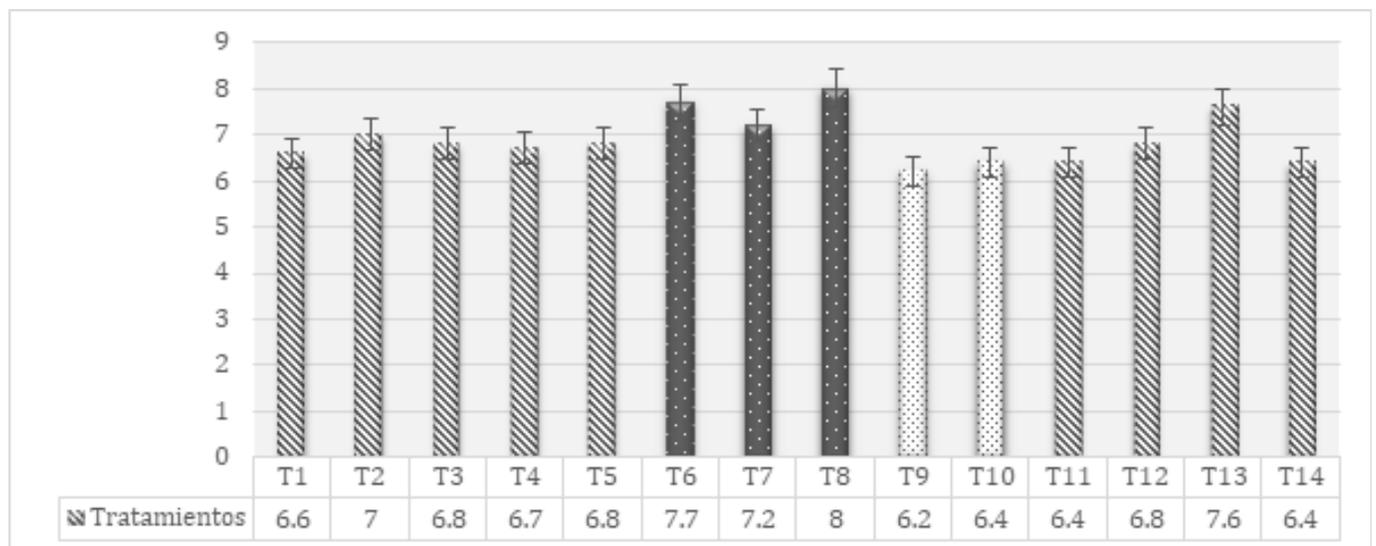


Figura 9. Variable número de mano (NM)

NÚMERO DE DEDOS DE LA SEGUNDA MANO DEL SOL (ND), la prueba estadística muestra un p-valor=0,044; menor a 0,05 evidenciándose que, en cada combinación de tratamiento, el número de dedos de la mano del sol es diferente estadísticamente (Tabla 2) no coinciden por los reportados por Brito (2022), valor influenciado por los productos que se aplicaron en el ensayo. El T8 y T6 obtuvieron los mayores valores con una media de 24,6 y 24,2

dedos de la segunda mano del sol respectivamente. Los tratamientos T14 y T9 alcanzaron los menores valores con una media de 17,4 y 16; seguido de orden creciente a T3, T1, T11, T7, T3, T12, T5, T10, T4, T2 (figura 10). Los resultados obtenidos en el experimento son similares que obtuvo Socola (2021), usando dos estimulantes radicales para determinar la relación del área foliar en el cultivo de banano.

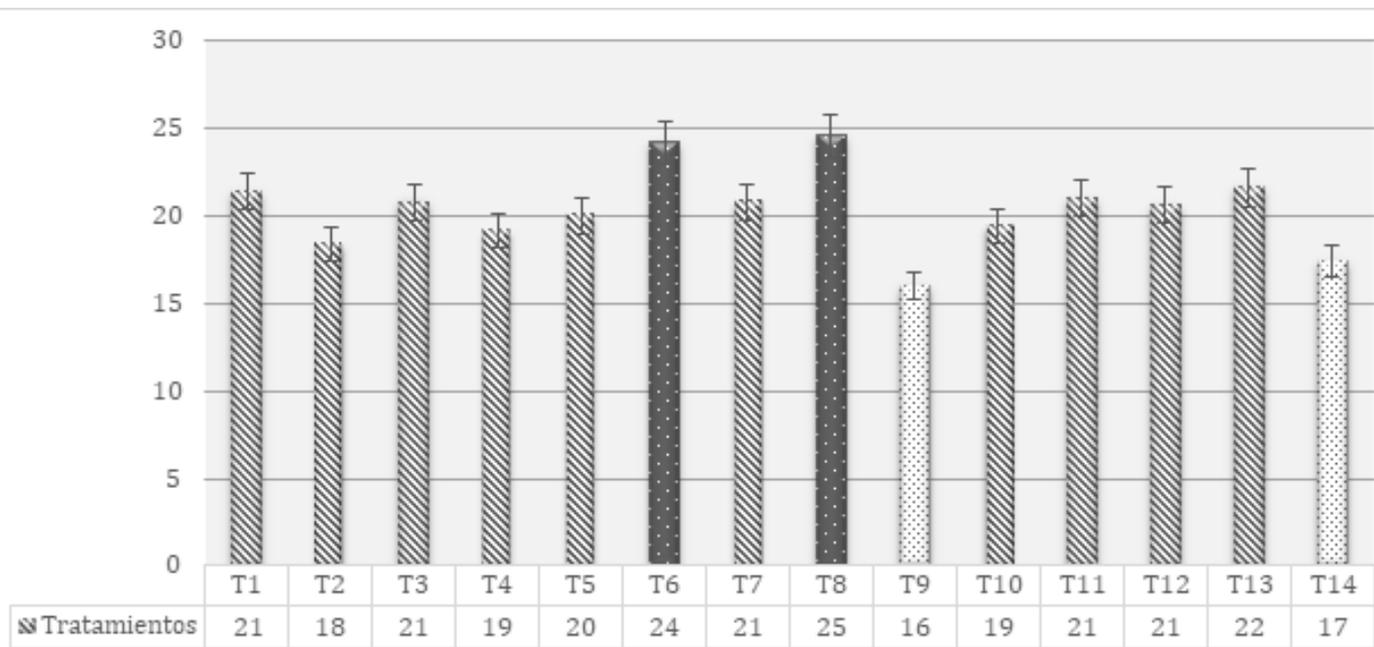


Figura 10. Variable número de dedos de la segunda mano del sol (ND)

## CONCLUSIONES

La aplicación de estimulantes radicales en el cultivo de banano sí presentó significancia en relación con las variables evaluadas en el ensayo. El mejor rendimiento se registró en el tratamiento T8 se obtuvo un mayor valor en el peso de manos por racimos, los estimulantes Eutrofit y Synergil 3-4-5 plus aumentó el número de manos en los racimos. En los tratamientos T12 y T2 se obtuvo un mayor porcentaje de raíces sanas, influyendo de esta manera en el peso de raíces y peso de raíces sanas. El uso de la combinación de estimulantes entre los tratamientos T7 y T8 influyeron directamente presentando medias mayores en altura y el fuste del hijo que el resto de tratamientos, mientras que en el T14 incrementó la emisión foliar del retorno en el cultivo de banano. Los estimulantes radicales influyeron en el rendimiento del cultivo de banano, derivado a la obtención de una mayor cantidad de raíces sanas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brenes Gamboa, S. (2017). Parámetros de producción y calidad de los cultivares de banano FHIA-17, FHIA-25 y Yangambi. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 719. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.21902>

Brito Romero, R. G. (2022). Efectos de la Aplicación de Estimulantes Radicales en el cultivo de Banano. [Trabajo de Titulación Agronomía]. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18477>

Capa, L., Benitez, R., & Rojas, W. (2017). El clúster: una alternativa para la competitividad de las pymes de banano orgánico en Ecuador. *Conference Proceedings UTMACH*, 1(1), 682-694. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/214>

Chávez-Velazco, C., & Araya-Vargas, M. (2009). Correlación entre las características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (Musa AAA) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 361. <https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4952>

Chávez Velazco, C., Solórzano Figueroa, F., & Araya Vargas, M. (2009). Relación entre nematodos y la productividad del banano (Musa AAA) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 351. <https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4951>

- Colque, O. (2017). Rendimiento y calidad de fruta de cuatro clones de banano (*Musa aaa*) en el subtrópico de la Provincia Formosa, Argentina. *Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal Boliviana*, 4(9), 15-21. [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2308-250X2017000100004&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2308-250X2017000100004&script=sci_arttext)
- Gabino Torres, C. E., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la calidad exportable de racimos de banano tratados con protectores biodegradables e infusión de laurel rosado (*Nerium Oleander L.*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 12-20. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/310>
- Granda Alvarez, C. J. (2021). Determinación del efecto de enraizadores orgánicos en el cultivo de Banano. [Trabajo de Titulación Agronomía]. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- Jaramillo Pillajo, L. J. (2020). Evaluación de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos en Banano (*Musa paradisiaca*). [Trabajo de Titulación. Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/cia\\_inv\\_view.php?id=32497&option=view](https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=32497&option=view)
- Juca Maldonado, F., Burgo Becomo, O., & Izquierdo, R. (2017). Alternativa agroecológica para los pequeños y medianos productores bananeros en la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(2), 101-105. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/125>
- Martínez Acosta, A. M., & Cayón Salinas, G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (*Musa AAA Simmonds cvs . Gran Enano y Valery*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(7), 6055-6064. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29360>
- Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador. (2017). Informe Sector Bananero Ecuatoriano. *Ministerio de Comercio Exterior*, 53(9), 1689-1699. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-español-04dic17.pdf>
- Miranda Ordóñez, K. G., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2021). Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (*Musax paradisiaca l*) cultivar Williams en diferentes estados fenológicos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 130-140. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/501>
- Socola Rivas, J. M. (2021). Determinar la relación, área foliar con uso de enraizadores en la producción de banano "Musa x paradisiaca". [Trabajo de Titulación]. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17494>
- Tenesaca Martínez, S., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2019). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca l.*) clon williams. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 130-140. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/501/478>
- Vargas, R., & Araya, M. (2018). Contenido de raíces en plantaciones comerciales de banano muestreadas en el intermedio madre hijo y frente del hijo de sucesión. *Corbana*, 44(64), 97-124. <https://n9.cl/sjceo%0A>
- Vargas Calvo, A. (junio de 2015). La emisión foliar en plátano y su relación con la diferenciación floral. *Agroonomía Mesoamericana*, 26(1):119-12810. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212015000100012](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000100012)
- Vásquez, R. (2017). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. *Revista Afese*, 53, 53. <https://afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Revista Científica Cumbres*, 1(2), 28-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n2a5>

# 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 puntos e interlineado 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.