

Agroecosistemas

Revista para la transformación agraria sostenible

• Volumen 10 • Número 3 • Septiembre-Diciembre • 2022

“Agroecosistema
por una alimentación sostenible”





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. Reinier Michel Viera Reinoso

Tec. Ana Ibys Torres Blanco

Editorial	5
01 __ Construcción de un índice de calidad de suelos bananeros en la Provincia el Oro, Ecuador Roxana Ramírez Machare, Salomón Barrezueta Unda	6
02 __ Efecto del uso de dos distancias de siembra en dos variedades de maracuyá (<i>passiflora edulis</i>). José Alexander Salinas Ojeda, Rigoberto Miguel Garcia Batista, Irán Rodríguez Delgado	14
03 __ Efecto en las aplicaciones de tres bioestimulantes en la germinación y desarrollo de especies hortícolas. Jonathan Steven Cabrera Barros, Eloy Antonio Yáñez Araujo, Rigoberto Miguel García Batista.	27
04 __ Influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la zanahoria. Xiomara Jazmín Moreno Carbo, Ronaldo Nicolás Córdova Uriola, Irán Rodríguez Delgado.	41
05 __ Evaluación de un fungicida orgánico a base de taninos flavonoides, fenoles y saponinas para el control de Sigatoka Negra en banano. Elvis Aaron Carrillo Romero, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	51
06 __ Morfología floral en 20 árboles élite de la colección de Cacao de la Utmach. Karen Antonieta Feijoo Jaramillo, José Nicasio Quevedo Guerrero, Ivanna Gabriela Tuz Guncay.	58
07 __ Mulch Orgánico: aplicación y efecto en el cultivo de Banano (<i>musa paradisiaca</i> , l.). Fanny Thalia Camacho Cueva, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel Garcia Batista.	65
08 __ Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos en Cacao CCN-51. Angélica Andrea Armijos Arias, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	72
09 __ 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.	80
10 __ Evaluación de sistemas de siembra de alta densidad en maíz (<i>zea mays</i> l.). Milton Ernesto Morales Duran, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	88
11 __ Regulador fisiológico foliar: efectos en el comportamiento agronómico en el cultivo de Maracuyá (<i>passiflora edulis sims</i>). Mario Andrés Astudillo Yaguana, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	98
12 __ Efecto de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano Carlos López Aguilar, Salomón Barrezueta-Unda, Edison Jaramillo Aguilar.	107
13 __ Modificación de microclimas: evaluación de geotemperaturas con diferentes tipos de Mulch y el uso termis- tores Álvaro Francisco Narváez Orellana, Angel Eduardo Luna-Romero, Flor Yelena Vega Jaramillo.	115
14 __ Efecto de pisos altitudinales en la capacidad antioxidante en plantas de Sacha Inchi. Victor Fernando Espinoza Jumbo, María de los Ángeles Bernal Pita Da Veiga, Alexander Moreno Herrerao.	124

15_ Evaluación morfológica del pimiento (<i>capsicum annun</i> l.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas, Ecuador. Willy Fernando Romero Delgado, Edwin Edison Jaramillo Aguilar, Ángel Eduardo Luna-Romero.	134
16_ Evaluación morfológica del pimiento (<i>capsicum annun</i> l.) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador. Pedro Andrés Batallas Sánchez, Edwin Edison Jaramillo Aguilar, Ángel Eduardo Luna-Romero.	143
17_ Fungicidas a base de azufre y bacillus sp. en manejo integrado de Sigatoka Negra. Harley Marcia García Sánchez, Edwin Edison Jaramillo Aguilar, Sayda Noemi Herrera Reyes.	153
18_ Mejoramiento de la tecnología del cultivo del ñame (<i>dioscorea alata</i> l.) clon criollo en campo. Misterbino Borges García, Diana María Reyes Avalos	159
19_ Mejora del agroecosistema ambiental en la finca La Granjita: una contribución a la sostenibilidad agrícola. Adrián Cánova Herrandiz, Iván Castro Lizazo, Uliser Vecino Rondan	167
20_ Evaluación de actividad antidiarreica del GuayteVet en modelo de diarrea inducida con aceite ricino en ratones. Alejandro Rodríguez Suárez, Dayamí León Naves, Caridad C. Rodríguez Torres	175
21_ Principales insectos plaga del maíz (<i>zea mays</i> , l.) en Ecuador. María Elena Estrada Martínez	182
22_ Caracterización y actividad biológica de metabolitos obtenidos por diferentes métodos de extracción sobre <i>Sitophilus oryzae</i> L. Michael Madrugá Suárez, Aurora Alonso Jiménez, Yhosvanni Pérez Rodríguez, José O. Guerra de Leon	192
23_ Obtención de una muestra en auditoria a través de métodos estadísticos en entidades del sector agrícola utilizando Microsoft Excel. Andy-Gleen Cueto Herrera, Mairela Godoy Hernández, Ridelio Miranda Pérez	198
24_ Eficiencia productiva y económica en fincas lecheras del sector cooperativo según nivel de introducción de forrajes. Jorge Martínez Melo, Jorge Orlay Serrano Torres, Verena Torres Cárdenas	210
25_ Análisis y prospectiva del cambio de cobertura y uso del suelo en la Ciudad de Machala. Castillo Figueroa José Eduardo, Ramos Hidalgo Joselyn Ariana, Maza Maza Jaime Enrique	219
26_ Dinámica de cambio de cobertura/uso de suelo: Escenarios prospectivos en la subcuenca del río Chillayacu. Andrango Rodríguez Brigitte Estefanía, Romero Cruz Katherin Geanella, Maza Maza Jaime Enrique	228
27_ Principales aspectos relacionados con la cría y explotación de los patos en el municipio Cruces. Nolivio López Díaz, Idesnel Banguela Pérez, Julio Cesar Suárez García	237
Normas de publicación	248

EDITORIAL

MSc. Amariyls Suárez Alfonso ¹

E-mail: asuarez@ucf.edu.cu

¹Universidad de Cienfuegos

La alimentación y la agricultura sostenibles contribuyen a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria la disponibilidad, el acceso, la utilización y la estabilidad y a las tres dimensiones de la sostenibilidad ambiental, social y económica.

¿Qué es la agricultura sostenible y por qué es tan importante hoy en día? La agricultura sostenible persigue satisfacer las necesidades humanas de alimentación saludable mediante los siguientes principios básicos: la mejora de la calidad en el medio ambiente, la preservación de los recursos naturales, el uso eficiente de los recursos agrícolas y de las fuentes de energía no renovables, la adaptación a los ciclos naturales biológicos, así como el apoyo al desarrollo económico rural y a la calidad de vida de los agricultores. El principal objetivo de la agricultura y el desarrollo rural sostenible, es aumentar la producción de alimentos de manera sostenible y mejorar la seguridad alimentaria.

Una alimentación saludable es rica en verduras, fomenta el consumo de productos locales, genera menos residuos y limita el consumo de carne y pescado para proteger la biodiversidad. Una dieta sostenible beneficia la salud y contribuye a la protección del medio ambiente.

En este número, para su elección le proponemos algunos temas abordados: índice de calidad de suelos bananeros, uso de dos distancias de siembra en dos variedades de maracuyá, aplicaciones de tres bioestimulantes en la germinación y desarrollo de especies hortícolas, la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la zanahoria, Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos en Cacao CCN-51, Efecto de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano, Fungicidas a base de azufre y bacillus sp. en manejo integrado de Sigatoka Negra, Mejora del agroecosistema ambiental en la finca La Granjita: una contribución a la sostenibilidad agrícola, Eficiencia productiva y económica en fincas lecheras del sector cooperativo según nivel de introducción de forrajes, Principales insectos plaga del maíz (zea mays, l.) en Ecuador. Entre otros variados temas. Visítenos, y consulte el conocimiento que le proponemos.

GRACIAS

01

Recibido: septiembre, 2022 Aprobado: octubre, 2022 Publicado: diciembre, 2022

CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELOS BANANEROS EN LA PROVINCIA EL ORO, ECUADOR

CONSTRUCTION OF A QUALITY INDEX FOR BANANA CULTIVATED SOILS IN EL ORO PROVINCE, ECUADOR

Roxana Ramírez Machare¹

E-mail: roxanamorayma1606@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1905-0916>

Salomón Barrezueta Unda¹

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ramírez Machare, R., Barrezueta Unda, S. (2022). Construcción de un índice de calidad de suelos bananeros en la Provincia el Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 6-13. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Lograr la sostenibilidad de los suelos es la finalidad de muchos agricultores, en especial en suelos donde el cultivo del banano se realiza por muchos años de manera intensiva. Con este enfoque se estableció el concepto de calidad del suelo. Los objetivos fueron: analizar las propiedades fisicoquímicas de dos suelos bananeros y calcular sus respectivos índice de calidad del suelo. Se tabularon los registros de análisis de suelo y de ingresos neto por hectárea del 2015 al 2019 de las fincas bananeras Santa Bárbara y Kimberley, ubicadas en Machala (Ecuador). Los suelos se diferencian por altos niveles de arcilla en Santa Bárbara y de arena en Kimberley. En ambos suelos se identificó bajos niveles de materia orgánica, pero con valores en P, K, Ca, S, Mg y B que sobrepasan el nivel óptimo para el banano. El análisis de componentes principales permitió seleccionar seis indicadores (pH, MOS, Mg, Cu, Mn y B) en Santa Bárbara y de ocho (pH, MOS, P, K, S, Mg, Cu y Fe) en Kimberley. Los suelos obtuvieron un puntaje de 0,33 (Santa Bárbara) y de 0,24 (Kimberley) que representan suelos bueno y regular, respectivamente.

Palabras clave:

Propiedades del suelo; musáceas; fertilización química; degradación del suelo, análisis de componentes principales.

ABSTRACT

The sustainability of soils is the goal of many farmers, especially in soils where banana cultivation has been carried out intensively for many years. With this approach, the concept of soil quality was established. The objectives were: to analyze the physicochemical properties of two banana soils and to calculate their respective soil quality index. Soil analysis records and net income per hectare from 2015 to 2019 of the Santa Barbara and Kimberley banana farms, located in Machala (Ecuador), were tabulated. The soils are differentiated by high levels of clay in Santa Bárbara and sand in Kimberley. In both soils, low levels of organic matter were identified, but with values of P, K, Ca, S, Mg and B that exceed the optimum level for bananas. The principal component analysis allowed the selection of six indicators (pH, MOS, Mg, Cu, Mn and B) in Santa Bárbara and eight (pH, MOS, P, K, S, Mg, Cu and Fe) in Kimberley. The soils scored 0.33 (Santa Barbara) and 0.24 (Kimberley) representing good and fair soils, respectively.

Keywords:

Soil properties; musaceae; chemical fertilization; soil degradation, principal component analysis.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos es uno de los principales problemas relacionados con la crisis mundial de alimentos y con el cambio climático. El origen de esta problemática ambiental se ha asociado principalmente a la actividad agraria, pues ésta involucra prácticas como el uso continuo de insumos químicos y los monocultivos que impactan de manera negativa al suelo (Reyes et al., 2018). En particular, los suelos de uso agrícola son muy susceptibles a su degradación y se expresa en los cambios de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Barbieri et al., 2020). Cambios que ocasiona acidez, salinidad, compactación edáfica, pérdida de materia orgánica, entre otros (Reyes et al., 2018).

Por otra parte, el sector agrícola, tiene la necesidad de incrementar la producción para satisfacer el consumo de alimento de una población en continuo crecimiento (Barreuzeta-Unda et al., 2017). Por tanto, los suelos juegan un rol importante en la sostenibilidad agraria del planeta (Bünemann et al., 2018). En este marco, para evaluar la calidad de un suelo y, así, determinar si el uso que se le está dando es sostenible, se ha recurrido al uso de indicadores, los cuales están referidos a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Reyes et al., 2018; Zhang et al., 2022). El origen del concepto de calidad del suelo tiene dos enfoques, el primero que pone énfasis en las propiedades inherentes del suelo y el segundo en los efectos de la gestión humana (Bünemann et al., 2018). Para (Vasu et al., 2016) la calidad del suelo está referida a la capacidad específica del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o alterado, para sostener la vida, la producción agraria y como soporte de vivienda. De esta forma el concepto de calidad del suelo no es propio de la agricultura, así que abarca todas las actividades que se desarrollan sobre este recurso natural.

Para lograr la operatividad del concepto de calidad del suelo es necesario la construcción de un índice que permita evaluar en forma integral o parcial la capacidad del suelo para cumplir diferentes funciones en forma sostenible (Andrews et al., 2002; Cairo Cairo & Machado Armas, 2017). Varios investigadores utilizan métodos estadísticos para la selección de las propiedades del suelo que conforman el índice (Acevedo et al., 2020; Reyes et al., 2018; Zhang et al., 2022). En este mismo sentido, las propiedades del suelo proporcionan la información para el índice de calidad del suelo (ICS) (Acevedo et al., 2020; Cantún et al., 2009). Propiedades que pasan a denominarse indicadores de calidad del suelo. (Acevedo et al., 2020; Cantún et al., 2009) indica que los indicadores no deben ser universales y corresponden a las condiciones del ambiente y de las características del suelo.

En este marco, varios cultivos a nivel mundial por su alta demanda en los mercados internacionales afectan en gran medida la calidad del suelo. El banano (*Musa* AAA), es uno de ellos; ocupa el cuarto lugar entre los cultivos que más se consumen en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz (Delgado et al., 2010). Para obtener una óptima producción el banano requiere de un elevado

aporte de potasio (K), nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), hierro (Fe), boro (B), zinc (Zn) y cobre (Cu) (Rajput et al., 2022). Nutrientes esenciales que los toma del suelo y que los agricultores compensan su pérdida con aplicaciones de fertilizantes químicos y abonos orgánicos. Cambiar los suelos cultivados con banano no es una estrategia viable, pues representa grandes ingresos por su exportación en los países donde producen, a su vez genera fuentes de empleo directo e indirecto.

En Ecuador, la producción de banano es la actividad agrícola más importante. En el 2018, el país produjo 6,2 millones de t en aproximadamente 158.057 ha de cultivadas (Villaseñor et al., 2020). Pero la mayoría de las fincas bananeras tiene más de 40 años de continua explotación agrícola, con continuos controles fitosanitarios y de aplicación de fertilizantes. Aspectos que inciden en la calidad de suelo (Castillo-Valdez et al., 2021).

Una estrategia para mejorar la sustentabilidad de las fincas bananera, es desarrollar un índice de calidad del suelo que permitirá a los productores de banano y a los técnicos agrícolas mejorar las prácticas de gestión del suelo (Segura et al., 2022; Villaseñor et al., 2020). Con lo expuesto se plantearon los objetivos de analizar las propiedades físicas y químicas de dos suelos cultivados con banano bajo manejo convencional y calcular sus respectivos índice de calidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en dos fincas cultivadas con banano, ubicadas en la provincia de El Oro (Ecuador), entre las coordenadas geográficas 3°17'44"S y 79°54'13.7"O para la finca Santa Bárbara y 3°30'15"S 79°86'98,9"O para la finca Kimberley. El clima en la zona es tropical Megatérmico. La temperatura promedio es de 25.0 C, la precipitación anual es de 550 mm y la humedad relativa de 85%. La formación del suelo es aluvial y corresponde al orden Alfisoles.

Diseño de la investigación

El trabajo se inició con la selección de las fincas, que para ser incluidas en el estudio debían contar con datos históricos de manejo y producción con un mínimo de cuatro años. Para la investigación las fincas seleccionadas mantienen registros de cinco años comprendidos entre el 2015 al 2019, y pertenecen a una sola empresa bananera.

La administración de cada finca divide la superficie cultivada en cuatro lotes de aproximadamente igual superficie. Los suelos mantienen un modelo de agricultura convencional con manejo intensivo y en monocultivo de más de 40 años de plantadas con banano, clon cavendish. En ambas bananeras el sistema de riego es presurizado. La programación de fertilización durante los cinco años que abarca el estudio se conformó de: 61 kg ha⁻¹ de Urea (46 % N- 0 - 0); 17 kg ha⁻¹ de DAP (18 % N- 46 % P- 0) y Muriato de potasio (0- 0- 60 % K). Todos los fertilizantes

se aplicaron de manera edáfica al suelo en media luna frente entre la planta madre y la planta de sucesión (hijo).

El proceso inició con la etapa de diagnóstico de las fincas bananeras. La finalidad fue tabular los análisis de suelos realizados entre 2015 al 2019. Análisis que son referidos a los primeros 30 cm del suelo.

Las propiedades reportadas fueron: granulometría (arena, limo y arcilla) por el método de Bouyoucos, materia orgánica del suelo (MOS) por digestión húmeda (Walkley y Black). El pH en una solución de KCL (1:2,5) y la conductividad eléctrica (CE) en agua (1:2,5) con lectura en un potenciómetro. El nitrógeno amoniacal (NH₄) en un Kjeldahl, fósforo (P) con el método de Olson modificado, potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B) por absorción atómica y el azufre (S) por turbidimetría. Con los datos obtenidos se realizó una caracterización de cada lote y finca, para describir el estado de los suelos en estudio durante el periodo de evaluación.

En la segunda etapa, se determinaron las propiedades físicas o químicas que conforman el conjunto mínimo de datos (CMD). En esta etapa las propiedades del suelo se denominan indicadores. Se tomó el proceso de conformación de un índice aditivo por pesos ponderados descrito por (Andrews et al., 2002) y modificado por (Barrezueta-Unda et al., 2017) que se detalla a continuación.

Todos los indicadores del suelo fueron procesados en un análisis de componentes principales (ACP), procedimiento que indica que uno o varios componentes principales (CP) representan más del 80% de la variabilidad total de los datos. Con el objetivo de seleccionar indicadores representativos del conjunto total de datos, se realizó la selección de todos los CP > 1, y con los autovalores que indiquen un peso $\geq 0,70$.

Para eliminar indicadores redundantes, se aplicó la correlación de Pearson al 1 % de significancia, marcando los coeficientes de $r \geq 0,6$ que indiquen una alta correlación entre ellos (Barrezueta-Unda et al., 2017; Vasu et al., 2016). Con este procedimiento los indicadores seleccionados conformaron CMD.

Los indicadores seleccionados del CMD se integraron en la ecuación (1), para obtener el peso ponderado de cada indicador. El proceso consiste en multiplicar el valor del indicador seleccionado por el coeficiente de puntuación (Cop). El Cop, que se obtiene de dividir la varianza (%) de cada CP, para el total de la varianza (%) acumulada de los CP > 1.

$$ICS = \sum_{i=1}^n \text{Indicador} * (\% \text{ varianza por CP} / \% \text{ varianza acumulada}) \quad (1)$$

Cada indicador se suma y se promedian para obtener el ICS total por cada finca. A continuación, se clasifica en el entre: de 0-0,1 (suelo pobre); 0,1-0,25 (suelo regular); 0,25-0,65 (suelo bueno); 0,65-0,85 (suelo muy bueno) y de 0,85 en adelante suelo en excelentes condiciones (Delgado et al., 2010). Esta puntuación está en relación con el nivel de sostenibilidad del suelo.

Al final se compararon los ingresos (I) anuales de cada finca bananera, mediante la siguiente ecuación (2) propuesta por (Cairo Cairo & Machado Armas, 2017) y modifica para la investigación. con los valores obtenidos por año se realiza un análisis de regresión lineal solo con los indicadores que conforman el ICS.

$$I = (PP * PV) * CT \quad (2)$$

Donde: I= ingreso (USD); PP= promedio producción (Cajas de 19 kg); PV= Precio de Venta (USD caja⁻¹); CT= Costo Total (USD caja⁻¹).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) al 5% de significancia para cada propiedad física y química. Criterio con el cual se discrimina a las propiedades del suelo que entre los lotes de cada bananero existan diferencias significativas. Las propiedades que no tuvieron diferencia significativa ($p > 0,05$) se procesaron mediante un ACP y luego un análisis de correlación bilateral (Pearson al 1 y 5%). También se realizaron regresiones lineales con los valores de cada indicador seleccionado y el promedio de ingresos por año por hectárea de cada finca. Para realizar el ANOVA, el ACP y la correlación de Pearson se utilizó el programa estadístico SPSS, versión 23. Los valores calculados del ingreso fueron presentados en una gráfica serie temporal.

RESULTADOS

Análisis de las propiedades del suelo en estudio

En ambas fincas se obtuvo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) sólo en las propiedades granulométricas (Tabla 1). En la finca Santa Bárbara los valores de arcilla variaron de 32,8 g kg⁻¹ a 54 g kg⁻¹, mientras que el limo de 25,6 g kg⁻¹ a 43,2 g kg⁻¹ y la arena de 20,4 g kg⁻¹ a 28 g kg⁻¹. Valores que conforman una clase textural Franco arcillosa (lote 1 y 2) y arcillosa (lote 3 y 4). En Kimberley, los valores de arcilla disminuyeron entre 17 g kg⁻¹ a 24 g kg⁻¹, en menor medida también el limo que varió entre 23 g kg⁻¹ a 39,5 g kg⁻¹, mientras que los valores de arena se incrementaron entre 36,5 g kg⁻¹ a 60 g kg⁻¹. Valores que corresponden a una clase textural franco arenosa (lote 1, 2 y 3), franco (lote 4). La alta variabilidad en las fracciones arcilla y limo, se debe a los sedimentos aluviales que formaron estos suelos (Moreno et al., 2016; Villaseñor et al., 2015).

Para la selección de indicadores físicos, se debe tener en cuenta que las proporciones altas de arcilla o arena controla la heterogeneidad de varias propiedades químicas del suelo (Zhang et al., 2022). Por ejemplo, en suelos de clase textural franco arenosas la retención de humedad es baja y pueden favorecer la pérdida de nutrientes por lixiviación, lo cual ocasiona un bajo vigor en las plantas; más aún, si la textura indicada es homogénea en todo el terreno (González-García et al., 2021).

Varios métodos para construir un índice de calidad de suelos, excluyen a los indicadores físicos, si el fin es

medir la sostenibilidad de la gestión del suelo, incorporando sólo indicadores químicos y biológicos (Reyes et al., 2018). Pero si el objetivo es medir el grado de pérdida del suelo o efectos en el uso del suelo, las propiedades físicas se incluyen. En esta investigación, la diferenciación significativa de la granulometría puede incidir en la conformación de los CP, y generar altas correlaciones con la materia orgánica o las bases de cambio, efecto que al final genera una mayor redundancia de indicadores en la selección del CMD (Barrezueta-Unda et al., 2017).

Por otra parte, las propiedades químicas fueron muy homogéneas en cada finca bananera (Tabla 1). En la finca Santa Bárbara, el pH varió de 6,48 a 6,85, valores próximos a nivel óptimo (pH 6-6,5, suelo neutro). Mientras en la finca Kimberley, el pH fluctuó entre 6,5 a 7,28, rango que indicó una tendencia ligeramente alcalina del suelo. A pesar que la aplicación de fertilizantes es continua en las dos fincas, esta práctica puede no aumentar significativamente en el pH del suelo en los primeros 30 cm, puesto que para mantener un pH de 6 a 7 es común las enmiendas con cal, yeso, abonos orgánicos o una mezcla de estas para mantener (Rajput et al., 2022; Villaseñor et al., 2020). De esta forma así algunos fertilizantes alcalinizan o acidifican los suelos, estas enmiendas regulan el pH a neutro.

La MOS, en ambas bananeras estuvieron bajo el nivel óptimo (> 3%), los valores más altos de materia orgánica fueron de 2,29 % (lote 4, Santa Bárbara) y de 2,39 % (lote 3, Kimberley). El bajo nivel de materia orgánica se debe a la alta temperatura y humedad que existe en la zona que propicia la formación de capa de carbono lábil que se

pierde rápidamente y no permite su fijación en los suelos (Barrezueta-Unda, 2019).

Por otra parte, los registros históricos de la CE también fueron bajo del nivel óptimo para estos suelos (0,20-0,40 dS/m⁻¹); a excepción del lote 2 de Kimberley que registró 0,5 dS/m⁻¹. Estos valores de CE concuerdan con los registros de (Villaseñor et al., 2015) y de (Barrezueta-Unda et al., 2017), realizados en suelos agrícolas de la provincia de El Oro, valores atribuidos al riego periódico y la textura del suelo (franca arenosa, franco y franco arenoso limoso) que facilita el lavado de sales.

En general los análisis de suelos reportaron valores que sobrepasaron el rango óptimo de nutrientes para suelos bananeros (Tabla 2); a excepción de algunos que se detalla a continuación. En Santa Bárbara, el NH₄ en los lotes 1 (27,7 ppm) y 2 (27,15 ppm) estuvieron bajo el rango óptimo (31-40 ppm), mientras el Fe que varió entre 14,81 ppm a 20,69 ppm, fue el único micronutriente que no alcanzó rango óptimo (20-40 ppm). En Kimberley, el NH₄ registró también valores menores al rango óptimo en los lotes 2 (27,98 ppm), 3 (28,38 ppm) y 4 (25,23 ppm) y al igual que el Ca (14,8 ppm a 15,38 meq/100 ml), sus valores fueron bajo el rango óptimo (16,96-19,08 meq/100 ml). Los promedios de los otros nutrientes sobrepasaron el rango óptimo en la mayoría de los lotes. Los valores de los nutrientes sobre el rango óptimo tienen relación directa con el manejo de los suelos (Barbieri et al., 2020). Para (Barrezueta-Unda, 2019) los valores altos de nutrientes en los suelos agrícolas es producto de un desbalance entre la relación planta-suelo en absorción de nutrientes producto del uso excesivo de fertilizantes químicos.

Tabla 1. ANOVA de las propiedades físicas y químicas de las fincas Santa Bárbara y Kimberley

Indicadores	Santa Barbara				Sig. 0,05	Nivel óptimo
	Lote1	Lote 2	Lote 3	Lote 4		
ARENA (g kg ⁻¹)	24	28	23,6	20,4	0,466	---
LIMO (g kg ⁻¹)	43,2	38	35,6	25,6	0,002	---
ARCILLA (g kg ⁻¹)	32,8	34	40	54	0,001	---
pH	6,85	6,50	6,62	6,48	0,601	6,0 - 6,5
MOS (%)	2,18	2,09	2,26	2,29	0,984	3,0-5,0
CE (dS/m ⁻¹)	0,19	0,17	0,18	0,15	0,843	0,20-0,40
NH ₄ (ppm)	27,7	27,15	36,9	32,73	0,854	31-40
P (ppm)	31,44	31,34	44,42	42,61	0,311	8-14
K (meq/100 ml)	1,57	1,38	2,61	1,94	0,462	0,7-1,48
Ca (meq/100 ml)	20,6	20,56	21,58	21,83	0,965	16,96-19,08
Mg (meq/100 ml)	5,29	5,53	5,78	6,47	0,696	1,9 - 3
S (ppm)	51,7	51,98	49,8	47,69	0,995	10-11,9
Zn (ppm)	4,68	4,34	4,17	7,98	0,143	3,1-7
Cu (ppm)	3,57	3,27	3,79	3,64	0,924	1,1-4
Fe (ppm)	14,81	20,69	18,31	14,96	0,882	20-40
Mn (ppm)	12,57	18,83	16,1	19,12	0,92	5,1-15
B (ppm)	1,29	1,23	1,63	1,24	0,914	0,2-0,49
Indicadores	Kimberley				Sig. 0,05	Nivel óptimo
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4		
ARENA (g kg ⁻¹)	60	41	48	36,5	0,016	---
LIMO (g kg ⁻¹)	23	39,5	33	39,5	0,005	---
ARCILLA (g kg ⁻¹)	17	19,5	19	24	0,204	---
pH	6,5	6,7	6,83	7,28	0,053	6,0 - 6,5

MOS (%)	1,44	1,59	2,32	1,99	0,411	3,0-5,0
CE (dS/m ⁻¹)	0,22	0,57	0,17	0,15	0,38	0,20-0,40
NH4 (ppm)	33,1	27,98	28,38	25,23	0,861	31-40
P (ppm)	33,82	31,96	26,4	29,86	0,629	8-14
K (meq/100 ml)	1,58	1,83	1,87	1,57	0,77	0,7-1,48
Ca (meq/100 ml)	15,24	15,19	15,39	14,8	0,999	16,96-19,08
Mg (meq/100 ml)	4,08	4,82	3,81	4,76	0,398	1,9 - 3
S (ppm)	43,35	35,36	49,14	43,93	0,853	10-11,9
Zn (ppm)	7,21	10,59	5,02	4,73	0,194	3,1-7
Cu (ppm)	3,74	3,39	3,41	2,77	0,703	1,1-4
Fe (ppm)	47,75	28,12	31,05	32,67	0,629	20-40
Mn (ppm)	17,53	9,73	11,38	9,06	0,683	5,1-15
B (ppm)	1,13	1,13	1,57	1,28	0,789	0,2-0,49

Selección de indicadores para conformar el CMD

El ACP para la finca Santa Bárbara se obtuvo tres CP con una varianza acumulada de 85,74%, repartida de la siguiente manera: CP1, 36,96 %; CP2, 30,55 % y CP3 18,33% (Tabla 2). Los indicadores seleccionados en relación al mayor peso por CP fueron: por el CP1, pH (0,87), MOS (0,87), Cu (0,81) y Mn (-0,89); por el CP2, Ca (0,82), Mg (-0,88) y Zn (-0,69); y por el CP3, CE (0,84), NH4 (0,86) y B (0,82). Los valores negativos del Mn y el Mg representan una relación inversamente proporcional en cada CP; mientras los valores del resto de indicadores suben, los de Mn y Mg bajan y viceversa. Por lo general los indicadores con mayor peso (>0,80) en un ACP sin propiedades físicas, son la MOS y el pH del suelo (Reyes et al., 2018).

Tabla 2. Resultados del análisis de componentes principales de la finca Santa Barbara

Varianza (%)	36,96	30,55	18,23
Varianza acumulada (%)	36,96	67,51	85,74
Coefficiente puntuación	0,43	0,36	0,21
Indicadores	CP1	CP2	CP3
pH	0,87	0,00	0,14
MOS	0,87	0,07	0,30
CE	0,20	0,47	0,84
NH4	-0,37	-0,19	0,86
P	0,12	0,20	0,45
K	0,35	0,26	0,29
Ca	0,40	0,82	0,01
Mg	0,16	-0,88	-0,13
S	0,42	0,72	-0,19
Zn	0,40	-0,69	-0,22
Cu	0,81	0,13	-0,41
Fe	-0,67	0,59	0,02
Mn	-0,89	-0,01	0,41
B	-0,03	0,02	0,82

El ACP que corresponde a la finca Kimberley presenta cuatro CP con una varianza acumulada de 86,54 %, repartida de la siguiente manera: CP1, 28,84 %; CP2, 26,20 %; CP3 17,63 % y 13,87 % (Tabla 3). Los indicadores seleccionados en relación al mayor valor por CP fueron: por el CP1, MOS (0,95), Mn (0,96) y Fe (0,93); por el CP2, el Cu (0,93), S (-0,78), Mg (-0,77) y pH (0,73); por el CP3, B (0,88), P (-0,83) y CE (0,83), y por el CP4 K (0,859), NH4 (0,68) y Ca (0,71). En este análisis se obtuvo una mayor

cantidad de indicadores con un peso mayor a 0,60; características que inciden en la conformación de cuatro CP. Así también, el mayor peso obtenido para los macronutrientes (N, K y P) se expresó en el tercer y cuarto CP. (González-García et al. 2021) indica que las variables con los valores más altos en los componentes seleccionados serán las de mayor importancia. Por tanto, el hecho de que N, K y P sean los más importantes para el desarrollo de los bananos no significa que sean los de mayor peso en la extracción para conformar el CMD.

Tabla 3. Resultados del análisis de componentes principales de la finca Kimberley

varianza (%)	28,84	26,20	17,62	13,87
Varianza acumulada (%)	28,84	55,05	72,67	86,54
Coefficiente puntuación	0,33	0,30	0,20	0,16
Indicadores	CP1	CP2	CP3	CP4
pH	-0,39	0,73	0,15	-0,01
MOS	0,95	0,07	-0,03	-0,07
CE	0,28	0,41	0,83	0,10
NH4	0,35	0,57	-0,16	0,68
P	0,24	0,06	-0,83	-0,05
K	-0,25	-0,01	0,02	0,85
Ca	0,26	-0,54	0,33	0,71
Mg	-0,31	-0,77	-0,15	-0,04
S	0,50	-0,78	0,16	0,22
Zn	0,01	0,43	-0,43	0,61
Cu	0,11	0,93	0,18	0,23
Fe	0,93	-0,01	0,07	0,01
Mn	0,97	-0,09	0,18	0,04
B	0,34	0,10	0,88	-0,19

La Matriz de correlación de Pearson para la finca Santa Bárbara (Tabla 5), presenta altas correlaciones ($p \leq 0,01$) positiva entre el NH4 con el Mn (0,801**) y con el B (0,622**) y entre el Ca y el Mg (0,793**) y el B (0,622**). También con el Ca se registró una alta correlación, pero negativa con la CE (-0,711**). Los demás indicadores que tiene una alta correlación como el pH con la MOS (0,87**), el Mg con la CE (-0,787**) y el NH4 con el B (0,784**), pero fueron incluidos en el CMD para estructurar el ICS. Se descarta al Mn y el Ca, por mantener altas correlaciones con varios indicadores, criterio de selección que se explicó en materiales y métodos.

Tabla 5. Matriz de Pearson para la finca Santa Barbara

pH	1									
MOS	0,807**	1								
CE	0,255	0,106	1							
NH4	-0,408	-0,492	0,643*	1						
Ca	-0,174	-0,173	-0,711**	-0,491	1					
Mg	-0,174	-0,283	-0,787**	-0,035	0,793**	1				
Zn	-0,273	-0,097	0,078	0,358	-0,023	0,126				
Cu	-0,196	-0,127	-0,587*	-0,174	0,584*	0,458	1			
Mn	-0,334	-0,37	0,136	0,801**	0,331	0,261	-0,205	1		
B	-0,226	-0,274	-0,015	0,784**	0,724**	0,617*	0,108	0,622**	1	

** altamente significativo (0,001); * significativo (0,05).

En la Matriz de correlación de Pearson que corresponde a la finca Kimberley (Tabla 6), se obtuvo alta correlación ($p < 0,01$) de tipo negativa entre el Ca con el Mn (-0,690**), con Fe (-0,863**) y con el B (-0,769**), y entre la CE y el Mn (-0,714**). También se observa alta correlación de tipo positiva entre la CE y el Ca (0,837**) y entre Mn con

el (0,797**) y con el B (0,731**). Los indicadores que se descartan por su alta correlación fueron: Ca, Mn y el B. Indicadores como MOS por lo general se correlacionan con la mayoría de los indicadores del suelo (Zhang et al., 2022); pero su nivel bajo pudo influenciar en un no determinar una asociación positiva en el presente trabajo.

Tabla 6. Matriz de Pearson para la Finca Kimberley

	pH	MOS	CE	P	K	Ca	Mg	Cu	S	Fe	Mn	B
pH	1											
MOS	-0,08	1										
CE	0,209	0,15	1									
NH4	-0,353	0,242	-0,123									
P	-0,225	0,187	-0,084	1								
K	0,266	-0,203	0,262	0,146	1							
Ca	0,339	0,174	0,837**	-0,08	0,098	1						
Mg	-0,107	-0,238	-0,714**	-0,207	-0,141	-0,670**	1					
S	-0,131	0,267	0,363	-0,014	0,134	0,278	-0,275	0,221	1			
Fe	-0,274	0,186	-0,301	0,12	-0,178	-0,863**	0,582*	0,371	-0,152	1		
Mn	-0,533*	0,393	-0,481	0,039	-0,255	-0,690**	0,434	0,531*	0,236	0,797**	1	
B	-0,296	0,061	-0,520*	-0,179	-0,088	-0,769**	0,411	0,138	-0,102	0,523*	0,731**	1

Los indicadores que conforman el ICS con sus respectivos pesos ponderados seleccionados del ACP se muestran en la Tabla 6. La finca Santa Barbara obtuvo una puntuación de 0,33, que clasifica al suelo como un nivel de sostenibilidad bueno. Mientras la finca Kimberley obtuvo un puntaje de 0,24 que se clasifica como suelo como una sostenibilidad regular. Otros cálculos de ICS realizados en suelos de la provincia de El Oro, también determinaron un nivel de bueno a regular del suelo, siendo el principal factor el continuo manejo y el bajo nivel de aporte de materia orgánica (Barrera León, J., Barrezueta Unda, S., & Miguel García Batista, R. M., 2020; Barrezueta-Unda et al., 2017).

En ambas fincas la MOS fue el indicador con el mayor peso, seguido del pH y de los metales Mn, Cu y Mg en Santa Bárbara y Mg y Cu en Kimberley. Mientras que el P y K, nutrientes fundamentales para el desarrollo de las plantas mostraron los pesos más bajos en la finca Kimberley, por tanto, su porcentaje de variabilidad con respecto al todo el CMD fue bajo. (Acevedo et al. 2020; Castillo-Valdez et al. 2021), en sus investigaciones

encontraron que los valores bajos ICS corresponde a suelos con muchos años de manejo a diferencia de suelos sin laboreo donde el índice fue alto. Aunque estos autores incluyeron indicadores físicos y biológicos, la MOS fue el indicador que más influye en la conformación de los índices de calidad del suelo.

Tabla 7. ICS normalizados para las fincas Santa Barbara y Kimberley

Finca Santa Barbara		Finca Kimberley	
Indicadores	Peso ponderado	Indicadores	Peso ponderado
pH	0,38	pH	0,22
MOS	0,38	MOS	0,32
Mg	0,31	P	0,17
Cu	0,35	K	0,14
Mn	0,38	S	0,23
B	0,17	Mg	0,23
		Cu	0,28
		Fe	0,31
ICS	0,33		0,24

La comparación entre los ingresos de dinero ha⁻¹, entre finca mediante la prueba de Duncan se muestra en la Figura 1. Se establecieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las dos fincas, superando la finca Santa Barbara en ingresos a Kimberley en todos los años que comprende el estudio. El valor más alto de ingresos en Santa Bárbara fue de \$3859 en el 2019, seguido de \$3769 (2018); mientras que el rango de ingresos obtenido en Kimberley fue de \$2578 (2015) a \$2973 (2019). Aunque se observa una tendencia al incremento sostenido de Santa Bárbara, los ingresos económicos de una finca bananera no solo se atribuyen a la fertilidad de sus suelos, sino a otros factores como los costos de insumos, manejo, y precio de la fruta en los mercados internacionales.

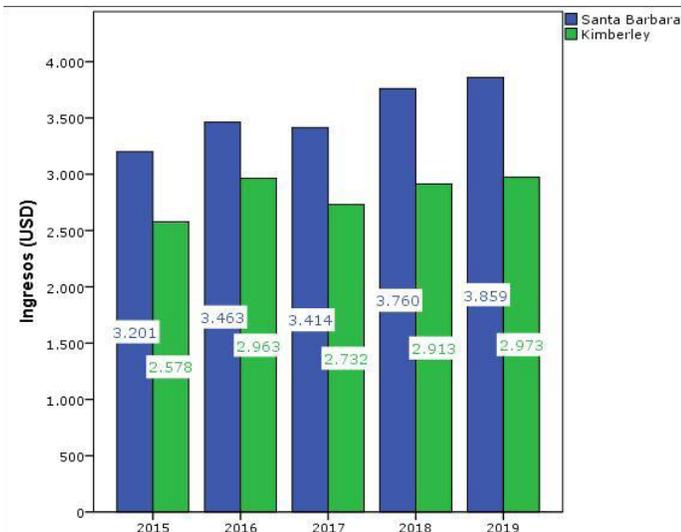


Figura 1. Ingresos efectivos por hectárea de las fincas Santa Barbara y Kimberley

Las regresiones lineales que se presentan en la tabla 8, indican que el modelo de Santa Bárbara se ajusta mejor con los resultados de ingresos, el R^2 fue de 0,907 obtenido para todos los indicadores seleccionados. En el caso del modelo de Kimberley, el R^2 fue bajo para la mayoría de los indicadores a excepción de la MOS que obtuvo 0,803, pero con una pendiente negativa. Esta diferencia entre las regiones lineales de las fincas, se da por que la finca Kimberley no indicó un patrón de incremento en los ingresos netos. (González-García et al. 2021) indica que las correlaciones entre las propiedades del suelo con métricas productivas son más efectivas cuando se incluyen indicadores físicos y biológicos. Así también, los suelos franco arenosos y arenosos no ajustan a modelos matemáticos altamente correlacionados con variables productivas (González-García et al. 2021) (Barrezueta-Unda et al. 2017).

Tabla 8. Regresión lineal entre el ingreso anual y los indicadores que conforman el ICS, con su respectivo modelo matemático

Modelo Santa Barbara			Modelo Kimberley		
	R ²	Ecuación		R ²	Ecuación
pH	0,907	$y=224,12x + 4245,5$	pH	0,589	$y=-0,146x + 7,264$
MOS	0,907	$y=224,12x + 4245,5$	MOS	0,803	$Y=-0,422x + 3,296$
Cu	0,907	$y=224,12x + 4245,5$	P	0,312	$y=0,647x + 28,569$
Mn	0,907	$y=224,12x + 4245,5$	K	0,034	$y=0,001x+1,69$
B	0,907	$y=224,12x + 4245,5$	S	0,034	$y=2,716x + 34,798$
			Mg	0,299	$y=0,32x + 3,565$
			Cu	0,26	$y=0,389x + 2,161$
			Fe	0,263	$y=7,47x + 12,488$

CONCLUSIONES

En los suelos de ambas fincas, existen diferencias significativas entre los valores de la arena, limo y arcilla. El pH fue neutro para la finca Santa Bárbara y de neutro a ligeramente alcalino para la Finca Kimberley, pero la CE fue baja en los suelos. También se identificó bajos niveles de MOS en las fincas. En algunos casos los niveles del P, K, Ca, S, Mg y B sobrepasan el nivel óptimo para el banano.

El ACP redujo el número de indicadores de 14 a 6 y 8 indicadores para las fincas Santa Barbara y Kimberley, respectivamente. De esta forma se integró el ICS con los indicadores de mayor peso, los cuales representan el grado de sostenibilidad de los suelos para el periodo 2015-2019. De esta forma, el ICS permitió observar en forma conjunta la correlación de varios indicadores para interpretar aspectos funcionales del suelo; más allá de la interpretación individual de cada indicador.

No obstante, la regresión entre el ingreso neto por hectárea con los indicadores del ICS solo indicó un alto R^2 para el modelo matemático de la Finca Santa Barbara. Tal vez las condiciones intrínsecas del suelo en Kimberley como la granulometría no permitieron establecer una mejor regresión, a diferencias de otras investigaciones que incluyen indicadores físicos y biológicos.

La construcción del ICS representa una herramienta que permitirá la toma de decisiones para corregir errores en el manejo tradicional dado a los suelos bananeros, además, servirá de base para realizar monitoreos periódicos comparando el avance o retroceso del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. *Bioagro*, 33(1), 59–66.
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Mitchell, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(1), 25–45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)

- Barbieri, R., Barrezueta-Unda, S., Chabla, J., Paz-González, A., & Montanari, R. (2020). Distribuição espacial de atributos do solo na região de El Oro, Ecuador. *Colloquium Agrariae*, 6(4), 46–60. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n4.a382>
- Barrera León, J., Barrezueta Unda, S., & Miguel García Batista, R. M. (2020). Evaluación de los índices de calidad del suelo de diversos cultivos en diferentes condiciones topográficas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 182–190.
- Barrezueta-Unda, S. (2019). Properties of several soils cultivated with cocoa in the province of El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1), 155–166. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210>.
- Barrezueta-Unda, S., Paz-González, A., & Chabla-Carrillo, J. (2017). Determination of indicators for quality of soils cultivated with cocoa in the province El Oro-Ecuador. *Revista Cumbres*, 3(1), 17–24.
- Barrezueta-Unda, S., Velepucha-Cuenca, K., Hurtado-Flores, L., & Jaramillo-Aguilar, E. (2019). Soil properties and storage of organic carbon in the land use pasture and forest. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(2), 31–45. <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.116>
- Bünemann, Bongiorno, Bai, & Creamer. (2018). Soil quality—A critical review. *Soil Biology & Biochemistry*. 120. p 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Cairo Cairo, & Machado Armas. (2017). Efecto de abonos órgano-minerales sobre la calidad del suelo, impacto en el rendimiento de la caña de azúcar. *Centro Azúcar*. 44(4), 12-20.
- Cantún, M. P., Becker, A. R., Bedano, J. C., Schiavo, H. F., & Parra, B. J. (2009). Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo, Córdoba, Argentina. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 34, 203–214.
- Castillo-Valdez, X., Etchevers, J., Hidalgo-Moreno, C., & Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Delgado, E., Rosales, F., Trejos, J., Villalobos, M., & Poca-sangre, L. (2010). Índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en cuatro países de América latina y el Caribe. *Bioagro*, 22(1), 53–60.
- González-García, H., González-Pedraza, A., Rodríguez-Yzquierdo, G., León-Pacheco, R., Betancourt-Vásquez, & M. (2021). Vigor en plantas de plátano (*Musa AAB* cv. Hartón) y su relación con características físicas, químicas y biológicas del suelo. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 115–142.
- Moreno, J., Sevillano, G., Valverde, O., Loayza, V., Haro, R., & Zambrano, J. (2016). Soil from the Coastal Plane. In J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal (Eds.), *The Soils of Ecuador* (pp. 1–195). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0_2
- Rajput, A., Memon, M., Memon, K. S., Sial, T. A., & Laghari, H. B. (2022). Integrated nutrient management in banana: comparative role of FYM and composted pressmud for the improvement of soil properties. *Pakistan Journal of Botany*, 54(1). [https://doi.org/10.30848/pjb2022-1\(34\)](https://doi.org/10.30848/pjb2022-1(34))
- Reyes, E., Fandiño, S., & Gómez, L. (2018). Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática. *Ecós*, 27(3), 130–139. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1598>
- Segura, R. A., Stoorvogel, J. J., & Sandoval, J. A. (2022). The effect of soil properties on the relation between soil management and Fusarium wilt expression in Gros Michel bananas. *Plant and Soil*, 471(1), 89–100.
- Vasu, D., Singh, S. K., Ray, S. K., Duraisami, V. P., Tiwary, P., Chandran, P., Nimkar, A. M., & Anantwar, S. G. (2016). Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid Deccan plateau, India. *Geoderma*, 282, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.010>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34.
- Villaseñor, D., Prado, R., Pereira da Silva, G., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. *Journal of Plant Nutrition*, 43(18), 2785–2796. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>
- Zhang, Y., Wang, L., Jiang, J., Zhang, J., Zhang, Z., & Zhang, M. (2022). Application of soil quality index to determine the effects of different vegetation types on soil quality in the Yellow River Delta wetland. *Ecological Indicators*, 141, 109116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2022.109116>

02

EFFECTO DEL USO DE DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA EN DOS VARIETADES DE MARACUYA (*Passiflora edulis*)

EFFECT OF THE USE OF TWO PLANTING DISTANCES ON TWO VARIETIES OF PASSION FRUIT (*Passiflora edulis*)

José Alexander Salinas Ojeda.

E-mail: jsalinas2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9830-1025>

Rigoberto Miguel Garcia Batista.

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Irán Rodríguez Delgado.

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Universidad Técnica de Machala, el ORO, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Salinas Ojeda, J. A., Garcia Batista, R. M., Rodríguez Delgado, I. (2022). Efecto del uso de dos distancias de siembra en dos variedades de maracuyá (*passiflora edulis*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 14-26. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En Ecuador, el cultivo de maracuyá es importante pues ha permitido el desarrollo agroindustrial para procesar y dar valor agregado lo que ha convertido a nuestro país en uno de los mayores productores de fruta y exportador de concentrado de maracuyá en el mundo. Por ello, el presente artículo tiene como objetivo el estudio de producción de la fruta de maracuyá amarilla y púrpura (*Passiflora edulis* Sims (maracuyá púrpura); *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Maracuyá amarillo) de acuerdo con sus características morfológicas y las diferentes densidades de siembra, así como también el análisis de fenoles presentes en su corteza y pulpa. Se aplicó un análisis factorial de varianza (ANOVA) entre grupos, tras respetar las hipótesis del modelo lineal no aditivo utilizado. Los resultados en este estudio muestran que la combinación de variedades de maracuyá y distancias de plantación no mostraron un efecto de interacción significativo, en la variedad amarilla mostro el valor más alto para las características morfológicas de los cultivos. Sin embargo, la variedad morada presento los mejores resultados en relación con los compuestos bioactivos (fenoles), los que presentaron los mejores resultados.

Palabras clave:

Maracuyá, densidad de siembra, fenoles, grados brix, cosecha.

ABSTRACT

In Ecuador, the cultivation of passion fruit is important because it has allowed agro-industrial development to process and give added value which has made our country one of the largest producers of fruit and exporter of passion fruit concentrated in the world. Therefore, this article aims to study the production of yellow and purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims); *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Yellow passion fruit) according to its morphological characteristics and different planting densities, as well as the analysis of phenols presented in its bark and pulp. A factor analysis of variance (ANOVA) was applied between groups, after respecting the hypotheses of the non-additive linear model used. The results in this study show that the combination of passion fruit varieties and planting distances did not show a significant interaction effect, in the yellow variety showed the highest value for the morphological characteristics of the crops. However, the purple variety presented the best results in relation to the bioactive compounds (phenols), which presented the best results.

Keywords:

Passion fruit, planting density, phenols, brix degrees, harvesting.

INTRODUCCION

Hoy, la gran mayoría de países en vías de desarrollo tienen como papel fundamental la agricultura (Raven & Wagner, 2021). Sin duda, es una de las actividades más importantes para los seres humanos, por su contribución a la producción de alimentos, fibras y otros bienes y servicios ecológicos esenciales, y por su gran extensión en el planeta (Kopittke et al., 2019).

En este sentido, Ecuador posee un gran potencial como productor de materias primas agrícolas gracias a su ubicación geográfica, clima favorable y suelo apto para la agricultura, siendo capaz de producir una alta variedad de frutas que en su gran mayoría son destinadas hacia mercados internacionales como materia prima para ser procesadas o vendidas como fruta fresca (Parraguez-Vergara et al., 2018), tiene gran capacidad de producción y exportación de frutas tropicales, en estado natural, todo depende de los volúmenes y calidad de los productos que permitan cumplir con las altas exigencias del mercado internacional (Md Nor & Ding, 2020).

El cultivo de frutas no tradicionales se presenta como una alternativa sostenible y rentable para los productores agrícolas ecuatorianos, ya que estos productos que tienen demanda en el mercado internacional. Sin embargo, se debe considerar que los consumidores extranjeros cada vez se vuelven más exigentes en temas de inocuidad y que sea un producto orgánico de excelente calidad (Lashkari et al., 2022) economic, and social risks into conscious sustainable development strategies. For this, we investigated the Andean Trade Preference Act (ATPA).

En Ecuador, el cultivo de maracuyá es importante, debido a que ocupa una vasta superficie sembrada, involucra alrededor de 10000 pequeños y medianos productores y ha permitido el desarrollo agroindustrial para procesar y dar valor agregado al 95% de la producción nacional, lo que ha convertido a nuestro país en uno de los mayores productores de fruta y exportador de concentrado de maracuyá en el mundo; sin embargo, la inestabilidad de los precios internacionales ha incidido en ocasiones en la reducción de la superficie sembrada, lo que nos ha impuesto retos a las instituciones del Estado y al sector privado para realizar esfuerzos tendientes a diversificar los mercados y ampliar la demanda (Haro et al., 2020).

En las regiones subtropicales, la producción de parchita o maracuyá es durante el verano; sin embargo se da durante todo el año, si bien se destaca la cosecha entre abril-septiembre y diciembre-enero, donde los niveles de producción son superiores al promedio, la mayor superficie cultivada de maracuyá se encuentra localizada en la franja costera del país, que corresponde a las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Santo Domingo de los Colorados (Aiello et al., 2021).

En relación a las condiciones topográficas, el cultivo se puede realizar tanto en terrenos llanos como en pendiente, se han registrado periodos de cultivo superiores a los 4 años. Los sistemas de alambrado más utilizados son el

truss y el cromado, siendo preferible este último, ya que produce frutos de mejor calidad. Este último produce una mejor calidad de la fruta. La plantación se realiza en un tamaño de 4 m x 4 m recomendado, lo que permite la plantación de unos 625 árboles. Unos 625 árboles. En este sistema de truss, cada 4 metros colocaba las columnas (para formar una grilla) y encima colocaba mallas de alambre calibre 10 y 16. Esta raza se adapta bien a los climas cálidos; Sin embargo, debido a la alta tasa de transpiración, se debe utilizar un sistema de riego local. Se recomienda el riego local para mantener el rendimiento y la calidad de los frutos (Carvajal Caballero, 2022).

Es importante complementar las prácticas agrícolas con un manejo adecuado y continuo de las fincas. La poda debe hacerse en el primer año. En el segundo año, podar las ramas florecientes, podar las ramas principales, podar las hojas para mejorar la ventilación y evitar la sombra en el jardín de siembra, aflojar las áreas de fructificación y controlar las malezas mecánicas (Haro et al., 2020). Adicionalmente a las condiciones edafoclimáticas el manejo agronómico del cultivo va a influir de manera directa sobre el rendimiento: fertilización, riego, densidad de siembra, manejo integrado de insectos plaga y enfermedades, entre otras (Marcillo Pizarro et al., 2022).

En cuanto a los compuestos bioactivos como los fenólicos actúan como antioxidantes naturales y agentes antitumorales (Zhiminaicela Cabrera et al., 2021). Se cree que una ingesta regular de compuestos (poli)fenólicos que se encuentran ampliamente en frutas, verduras, té y vino tinto disminuye la incidencia de ciertas formas de cáncer y, por esa razón, comúnmente se los considera agentes quimiopreventivos (Quevedo Guerrero et al., 2022). Debido a estos antecedentes se evaluó el efecto sobre el rendimiento del uso de dos distancias de siembra entre hileras y dos distancias entre plantas en dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*), mediante la medición de parámetros morfo-agroproductivos en el cultivo frutícola.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se lo realizó en la Granja Santa Inés ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, a los 03° 17' 16" de latitud sur y 79° 54' 05" longitud Oeste, a una altitud de 5 msnm. Según los registros del INAMHI la zona se caracteriza por poseer una temperatura media anual de 25°C, precipitación media anual de 427 mm y heliofania de 2 a 3 horas. El suelo (tabla 1), pertenece al Orden Inceptisol y Suborden Ustepts, compuesto por material aluvial de piedemonte y fluvial, con buen drenaje y clase textural variable dependiendo de la profundidad del perfil, con una densidad aparente entre 1,34 y 1,64, con un pH de ligeramente ácido a ligeramente básico, una conductividad eléctrica (CE) entre 0,10 y 0,26 y un bajo contenido de materia orgánica (MO) que fluctúa entre 0,02 y 2,2% (Luna-Romero et al., 2018).

Tabla 1. Características del suelo en la Granja Santa Inés, Universidad Técnica de Machala

Profundidad del perfil (cm)	Clase textural	Densidad Aparente (g/cm ³)	pH (g)	CE (g)	MO (%)
0 – 20	Arenoso	1,64	6,8	0,26	2,20
20 – 32	Franco Limoso	1,56	7,4	0,15	1,10
32 – 48	Franco Limoso	1,34	7,1	0,10	0,02



Figura 1. Vista del estudio de campo

Características de las variedades objeto de estudio en la investigación

***Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener (maracuyá amarillo)**

El maracuyá es una planta voluble, perenne, leñosa, de hábito trepador y crecimiento vigoroso, su sistema radicular es ramificado superficial y sin raíz pivotante, distribuido en un 90% en los primeros 15 y 45 cm de profundidad, posee flores perfectas, grandes, vistosas, de color blanco amarillento con rayas rojizas o violáceas, de 5 cm de diámetro y nacen solitarias en las axilas de las hojas, a pesar de ser flor perfecta su polinización es cruzada. La antesis ocurre cerca del mediodía y se cierran al anochecer, ocurriendo el máximo de apertura a las 13 horas (Valle et al., 2018).

El fruto posee un exocarpio duro, fibroso, liso y brillante, de color amarillo canario; el mesocarpio de color blanco; la pulpa es ácida y las semillas son negro oscuras. Es un fruto no climatérico; es decir, que con la concentración de azúcares que se colecta llega a su madurez total, cambiando únicamente el color de la corteza (Valle et al., 2018).



Figura 2. *Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener, flor, fruto y pulpa

***Passiflora edulis* Sims (maracuyá púrpura).** Pertenece a la familia Passifloraceae del género *Passiflora*. También es conocida como maracuyá morada o fruta de la pasión púrpura (purple passion fruit). Tiene una forma esférica u ovoide; su cáscara (pericarpio) es lisa y firme en el exterior con colores verdes claros a púrpura oscuros (según los grados de maduración) mientras que en el interior es blanca y de textura medulosa o porosa, El interior de esta fruta se compone de semillas negras ovaladas recubiertas con arilo de color amarillo a naranja que constituye la pulpa (Bellon et al., 2007).

Sus frutos son ovalados, de tamaño pequeño en comparación con la variedad amarilla y semillas de color morado oscuro, con un peso de 90 a 110 g promedio, debido a que son frutos más pequeños, entre 5 a 6 cm de diámetro

ecuatorial, sus flores son pequeñas de 4,5 cm a 6 cm, sus frutos maduran en un periodo de 60 a 80 días (Almeida et al., 2006), este después de ser separado de la planta continúa su proceso de maduración, siempre y cuando haya alcanzado su maduración fisiológica para producir etileno; comportamiento característico de las frutas climáticas (Mohotti & Lawlor, 2002).

La recolección demasiado temprana (frutos inmaduros), al igual que la recolección tardía (frutos sobremaduros), debe evitarse, no sólo por la calidad del producto obtenido, sino además por los traumatismos que puede causar en la planta. Para el reconocimiento del momento óptimo de recolección se han establecido una serie de factores indicativos denominados 'índices de madurez', los cuales deben ser capaces de poner de manifiesto diferencias pequeñas (Bellon et al., 2007).



Figura 3. *Passiflora edulis* Sims, flor, fruto pulpa

Diseño experimental : Para el desarrollo de la investigación se utilizó un experimento factorial completo completamente al azar fraccionado 2x4, donde se generaron ocho combinaciones de tratamientos, en función de dos variedades de maracuyá (amarilla y púrpura) y cuatro distancias de siembra (3 m entre hileras x 5 m entre plantas, 4 m x 3 m, 4 m x 5 m y 3 m x 3 m), replicados tres veces y distribuidos de forma completamente al azar a nivel de todo el experimento, generando un total de 24 unidades o parcelas experimentales (10,0 m de largo x 9,0 m de ancho=90 m²)

Procesamiento estadístico de los datos experimental

La metodología fue adaptada del estudio previo realizado por Marcillo Pizarro et al.,(2022) se determinó la presencia o ausencia de un efecto de interacción entre las dos variedades (amarilla y púrpura) y las distancias de plantación (3 m entre filas x 5 m entre plantas, 4 m x 3 m, 4 m x 5 m y 3 m x 3 m) en relación con el número de flores y frutos por planta, peso de los frutos, diámetro ecuatorial de los frutos, porcentaje de pulpa y corteza, rendimiento kg/planta-1 y kg/ha-1, se aplicó un análisis factorial de varianza (ANOVA) entre grupos, tras respetar las hipótesis del modelo lineal no aditivo utilizado. Si existía un efecto de interacción entre las combinaciones de tratamientos estudiadas, en cuanto a cada variable analizada, se realizó la prueba de rangos de Duncan y las comparaciones múltiples (prueba post-hoc) para determinar entre qué tratamiento(s) había diferencias o similitudes. Se utilizaron gráficos de barras simples para representar los resultados. Los datos resultantes se procesaron con el programa estadístico SPSS versión 25 para Windows, con una fiabilidad estimada del 95% ($\alpha=0,05$). La tabla 2 muestra los tratamientos que intervienen en el experimento.

Tabla 2 Tratamientos objeto del estudio generados a partir de la interacción de los tratamientos de cada factor de estudio

Tratamientos	Factor de estudio A (Variedades)	Factor de estudio B (Distancias de siembra) (entre hileras y entre plantas)	Combinación de tratamientos
1	Amarilla	3 m x 5 m	Amarilla – 3 m x 5 m
2	Amarilla	4 m x 3 m	Amarilla – 4 m x 3 m
3	Amarilla	4 m x 5 m	Amarilla – 4 m x 5 m
4	Amarilla	3 m x 3 m	Amarilla – 3 m x 3 m
5	Púrpura	3 m x 5 m	Púrpura – 3 m x 5 m
6	Púrpura	4 m x 3 m	Púrpura – 4 m x 3 m
7	Púrpura	4 m x 5 m	Púrpura – 4 m x 5 m
8	Púrpura	3 m x 3 m	Púrpura – 3 m x 3 m

Manejo del estudio

Variables para evaluar y recolección de datos en campo

Se midieron parámetros morfológicos y agrícolas registrando datos de flores variables para cada planta hasta 110 días después del inicio de la floración, en los tratamientos se contó el número de frutos por planta y calculó el número medio de frutos por planta, mediante una balanza digital se registró el peso de los frutos, el diámetro de frutos se obtuvieron mediante un calibrador y se registró el promedio de estas variables para cada proceso, a su vez la relación pulpa-piel fue un paso más allá, registrando la pulpa contenida en el fruto en una balanza y determinando la adecuada por la regla del 3 % pulpa = (peso de pulpa x 100 / peso total del fruto), basado en el peso total de la fruta. En cosecha se utilizó un refractómetro manual para evaluar el contenido de azúcar de la fruta utilizando la pulpa de la fruta. El rendimiento agrícola se calculó mediante la fórmula: rendimiento kg/planta-1 = fruto x peso de fruto por planta (kg), rendimiento kg/ha-1 = fruto x peso de fruto por planta (kg) x unidad de cultivo).

Variables a evaluar recolección de datos en laboratorio. (Cuantificación de fenoles)

Se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu (Kraujalytė et al., 2015). Para la cuantificación, se preparó una curva de calibración con ácido gálico (GA) en proporción 1:10 (V:V) (Zhapan Revilla et al., 2021). Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de GA (GAE) por gramo de muestra seca (mg GAE.g-1).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis estadística muestran que en el número de botones florales por planta se presenta efectos de interacción entre las variedades y distancias de siembra, debido a que se obtuvo un p-valor 0,472; mayor a 0,05; evidenciando que, la cantidad de botones por planta de maracuyá no se encuentran influenciados por el material genéticos que se utilice ni por la densidad de la población (Tabla 3)

Tabla 3. Prueba de efectos intergrupos para el número de flores por planta en cada combinación de tratamiento formada

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Botones florales					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	6815,217a	7	973,602	,877	,528
Intersección	681103,119	1	681103,119	613,332	,000
Distancia * VARIEDAD	2820,811	3	940,270	,847	,472
Distancia	2229,700	3	743,233	,669	,573
VARIEDAD	1363,267	1	1363,267	1,228	,271
Error	111049,700	100	1110,497		
Total	814355,000	108			
Total corregido	117864,917	107			

a. R al cuadrado = ,058 (R al cuadrado ajustada = -,008)

Nota: Var-DS=variedad-densidad de siembra

Los tratamientos evaluados indicaron que el tratamiento de 3m entre hileras y 3 entre plantas presento el mayor valor en comparación con el resto de las combinaciones en la variedad amarilla, con una media de 96 botones florales por plantas sin presentar diferencias estadísticas con el demás tratamiento así la prueba de POSTHOC reagrupó las variedades y las distancias de siembra dentro

de un solo grupo (Figura 4). La respuesta del cultivo de maracuyá a la floración en este sentido se encuentra mayormente influenciada por el tipo de variedad utilizada y en menor medida por la densidad de plantas que se utilice, debido a que en todas las distancias de siembra se presentó la media mayor en la variedad amarilla con excepción de la distancia de siembra de 3x5 metros.

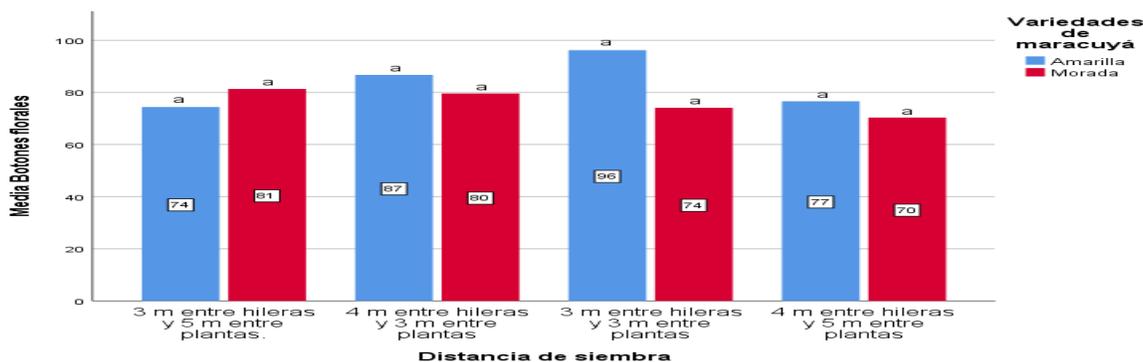


Figura 4. Efecto de las combinaciones de variedades de maracuyá y distancias de siembra en el número de flores por planta

En relación con el número de frutos recogidos cada 15 días no se presenta efecto de interacción entre las variedades y las diversas distancias de siembra, debido a que se obtuvo un p-valor=0,966; mayor a 0,05 evidenciándose

que las combinaciones y las distancias de siembra no presentan influencia en el número de frutos por planta (Tabla 4)

Tabla 4. Prueba de efectos intergrupos para el número de frutos por planta en cada combinación de tratamiento formada

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:Frutos recogidos cada 15 días					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	124,424 a	7	17,775	,585	,767
Intersección	3958,230	1	3958,230	130,324	,000
Distancia * VARIEDAD	8,093	3	2,698	,089	,966
Distancia	53,130	3	17,710	,583	,627
VARIEDAD	61,341	1	61,341	2,020	,158
Error	3037,233	100	30,372		
Total	7281,000	108			
Total corregido	3161,657	107			

a. R al cuadrado = ,039 (R al cuadrado ajustada = -,028)

Los resultados obtenidos en los frutos por planta cada 15 días (Figura 5), muestra que la variedad amarilla presenta las medias más altas en las diversas variedades con una media de 8 frutos cada 15 días en todos los tratamientos la variedad amarilla presento la media más alta con

respecto a las demás, adicionalmente como en el caso anterior la distancia de siembra de mejor respuesta fue cada 3 metros entre hileras y plantas, mediante la prueba POSTHOC se evidencio que no existen diferencia significativas entre sí.

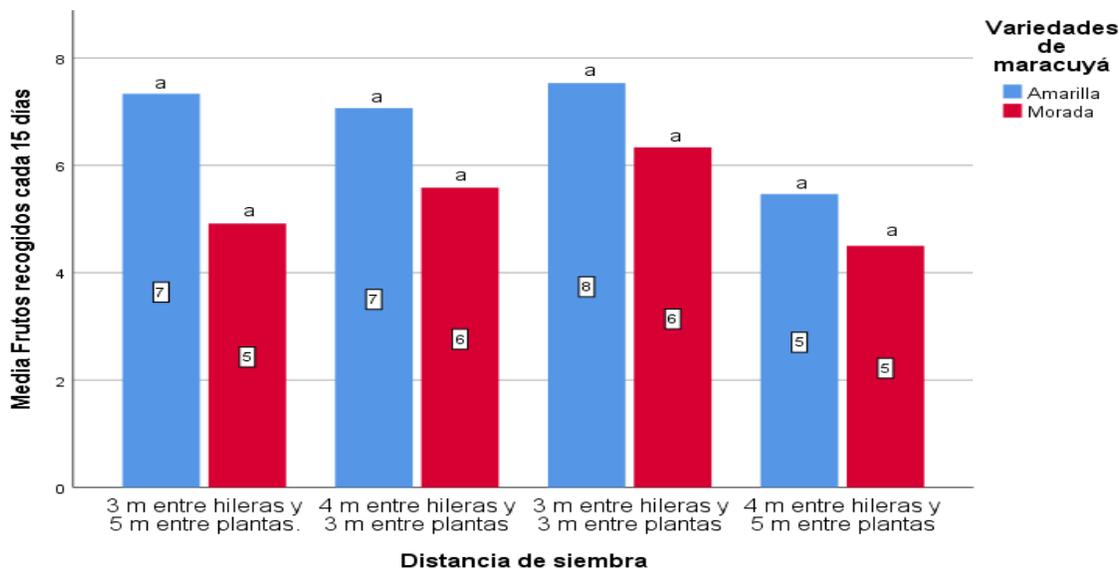


Figura 5. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el número de frutos por planta

En relación con el número de frutos verdes no se presentó efecto de interacción entre las variedades y las diversas distancias de siembra, debido a que se obtuvo un

p-valor=0,727; mayor a 0,05 evidenciando que las combinaciones y las distancias de siembra no presentan influencia en el número de frutos verdes por planta.

Tabla 5. Prueba de efectos intergrupos para el número de frutos por planta en cada combinación de tratamiento formada

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Frutos verdes por planta cada 15 días					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2588,796a	7	369,828	,494	,837
Intersección	229690,313	1	229690,313	307,105	,000
Distancia * VARIEDAD	981,372	3	327,124	,437	,727
Distancia	1481,965	3	493,988	,660	,578
VARIEDAD	112,980	1	112,980	,151	,698
Error	74792,167	100	747,922		
Total	311090,000	108			
Total corregido	77380,963	107			

a. R al cuadrado = ,033 (R al cuadrado ajustada = -,034)

Los resultados obtenidos en este sentido, de la cantidad de números de frutos verdes por plantas (Figura 6) muestra que la variedad amarilla presenta las medias más altas en las diversas variedades con una media de 55 frutos verdes en todos los tratamientos la variedad amarilla

presento la media más alta con respecto a las demás, adicionalmente como en el caso anterior la distancia de siembra de mejor respuesta fue cada 3 metros entre hileras y plantas, mediante la prueba POSTHOC se evidencio que no existen diferencia significativas entre sí.

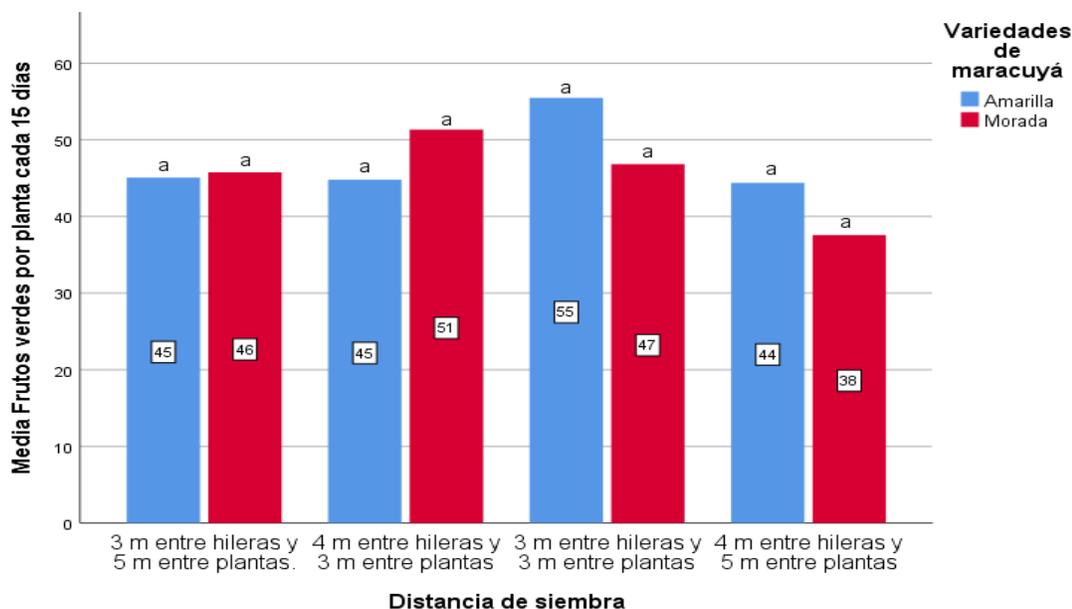


Figura 6. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el número de frutos verdes por planta

En este sentido, en cuanto al diámetro del tallo se presentaron diferencias estadísticas en este caso la variedad Morada presento un mayor diámetro en cuanto al tallo del cultivo presentando la media más alta para la separación de 3 metros entre hileras y 5 entre plantas en relación con el número de frutos verdes no se presentó efecto de

interacción entre las variedades y las diversas distancias de siembra, debido a que se obtuvo un p-valor=0,357; mayor a 0,05 evidenciando que las combinaciones y las distancias de siembra no presentan influencia en el número de frutos verdes por planta.

Tabla 6. Prueba de efectos intergrupos para el diámetro del tallo en cada combinación de tratamiento formada

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Diámetro del tallo (cm)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,339a	7	,191	2,324	,031
Intersección	406,380	1	406,380	4937,493	,000
Distancia * VARIEDAD	,269	3	,090	1,090	,357
Distancia	,929	3	,310	3,763	,013
VARIEDAD	,187	1	,187	2,273	,135
Error	8,230	100	,082		
Total	419,070	108			
Total corregido	9,569	107			

a. R al cuadrado = ,140 (R al cuadrado ajustada = ,080)

Los resultados obtenidos en la media de diámetro del tallo (Figura 7) muestra que la variedad roja presenta las medias más altas en las diversas variedades con una media de 2.2 cm, los tratamientos la variedad morada presento la media más alta con respecto a las demás,

adicionalmente como en el caso anterior la distancia de siembra de mejor respuesta fue 3 metros entre hileras y 5 metros entre plantas, mediante la prueba POSTHOC se evidencio que existen diferencia significativas entre sí.

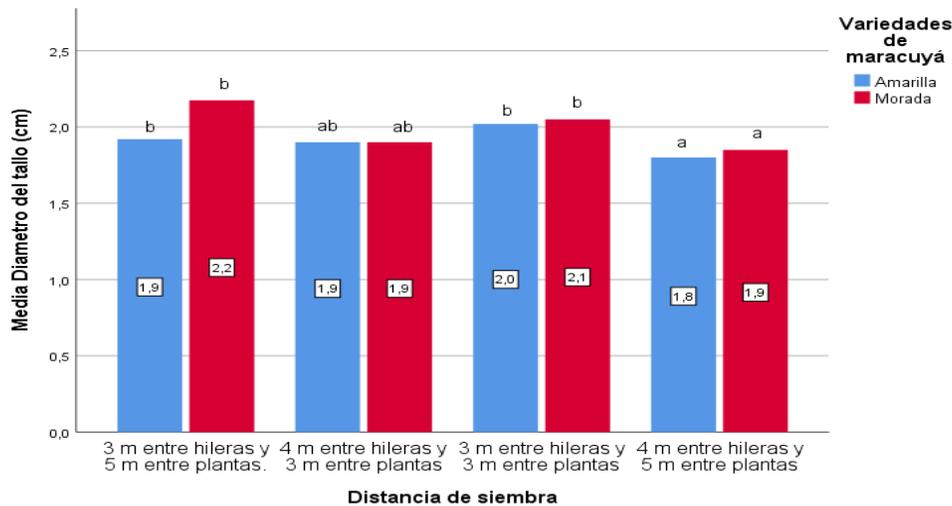


Figura 7. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el diámetro del tallo por planta

Tabla 7. Prueba de efectos intergrupos para el largo del tallo en cada combinación de tratamiento formada

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Largo del tallo (cm)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,614a	7	,231	3,336	,003
Intersección	523,981	1	523,981	7580,376	,000
Distancia * VARIEDAD	,121	3	,040	,585	,626
Distancia	,758	3	,253	3,657	,015
VARIEDAD	,685	1	,685	9,907	,002
Error	6,912	100	,069		
Total	543,327	108			
Total, corregido	8,526	107			

a. R al cuadrado = ,189 (R al cuadrado ajustada = ,133)

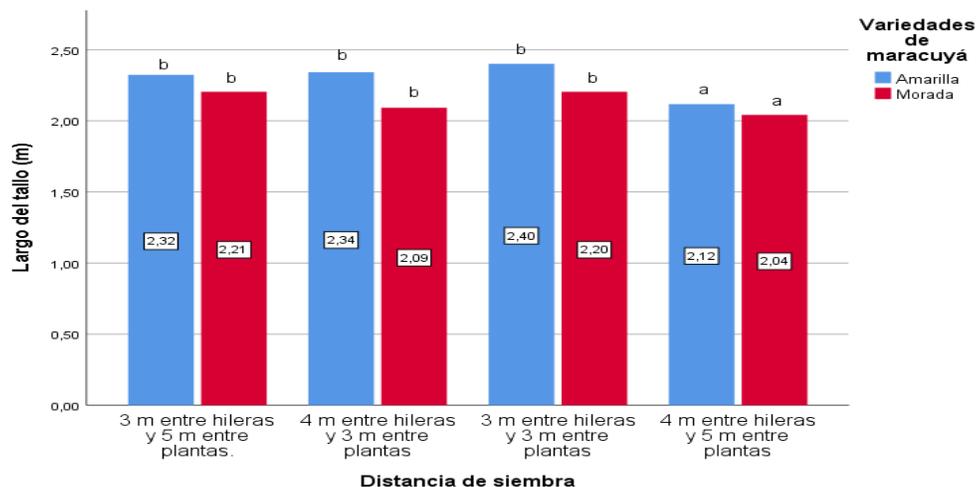


Figura 8. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el largo del tallo por planta. Se realizó un ANOVA de un factor para determinar las diferencias estadísticas de factores combinados del cual se obtuvieron los siguientes resultados, debido a que el p-valor en todos los tratamientos es menor al alfa de 0,05 (Tabla 8)

Tabla 8. Prueba de efectos intergrupos para el largo del tallo en cada combinación de tratamiento formada

ANOVA					
		Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Peso de pulpa de un fruto (g)	Entre grupos	12157,946	1736,849	8,904	0
	Dentro de grupos	14045,099	195,071		
	Total	26203,044			
Grosor de la cáscara (cm)	Entre grupos	0,4	0,057	3,777	0,002
	Dentro de grupos	1,088	0,015		
	Total	1,488			
Peso de fruto (g)	Entre grupos	25722,219	3674,603	6,878	0
	Dentro de grupos	38468,318	534,282		
	Total	64190,536			
Largo del fruto (cm)	Entre grupos	7,929	1,133	3,241	0,005
	Dentro de grupos	25,163	0,349		
	Total	33,092			
Ancho del fruto (cm)	Entre grupos	4,738	0,677	4,252	0,001
	Dentro de grupos	11,461	0,159		
	Total	16,199			
Peso de cáscara (g)	Entre grupos	4899,908	699,987	3,25	0,005
	Dentro de grupos	15508,168	215,391		
	Total	20408,076			
Grados brix	Entre grupos	127,257	18,18	9,784	0
	Dentro de grupos	133,783	1,858		
	Total	261,04			
Fenoles solubles totales	Entre grupos	14,274	2,039	39,52	0
	Dentro de grupos	3,715	0,052		
	Total	17,989			
Fenoles solubles de la pulpa	Entre grupos	0,942	0,135	7,785	0
	Dentro de grupos	1,244	0,017		
	Total	2,186			

En este sentido se evidencia que en todos los grupos existen diferencias dentro de los grupos, demuestran diferencias estadísticas las cuales indican que el estudio presenta relevancia entre los tratamientos estudiados.

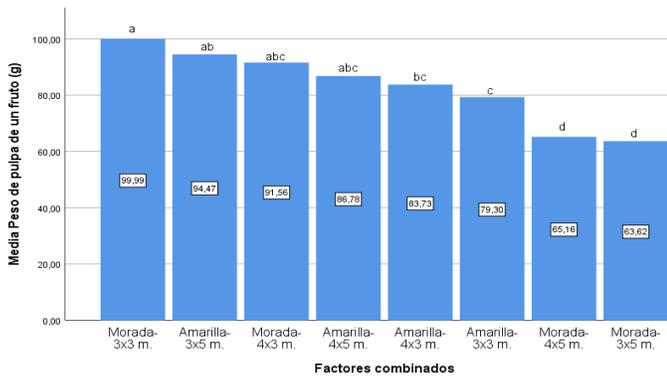


Figura 9. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el peso de pulpa de un fruto

El peso de pulpa de un fruto vario entre ellos, aunque se demuestran mejores características en la variedad amarilla la pulpa de la variedad morada en distancia de 3 hileras y plantas así las medias se presentaron de 90,99 gr con respecto a la variedad de menos peso a una distancia variante más amplia de 3x5 m de 63,62 gr los demás tenían los valores entre ellos.

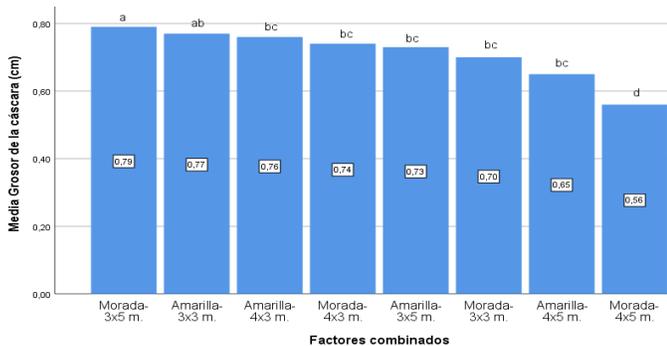


Figura 10. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el grosor de la cascara (cm)

El grosor de la cascara mediante la prueba estadística mostró que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos la variedad morada con una distancia de siembra de 3 m entre hileras el grosor de la cascara fue mayor en la del peso menor de pulpa así la variedad morada con distancia de 3x5 m la variedad morada tubo el grosor más bajo entre sí.

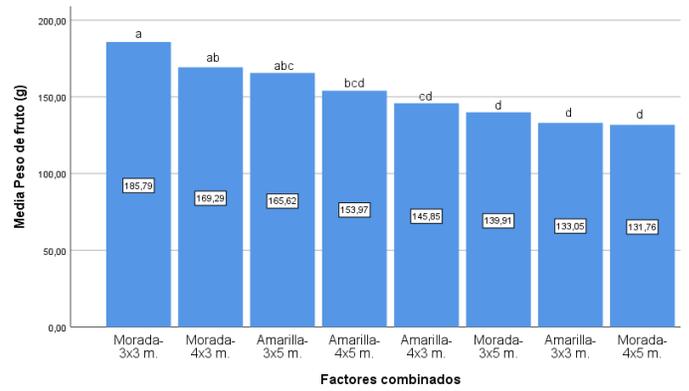


Figura 11. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el peso del fruto (gr)

En cuanto a la variable del peso del fruto en gr se obtuvo el valor más alto en la variedad morada con una distancia de siembra de 3x3 m con una media de 185,79 gramos con respecto a la variedad morada con una distancia de siembra de 4x5 m con la media más baja con una media de 131,76 gramos.

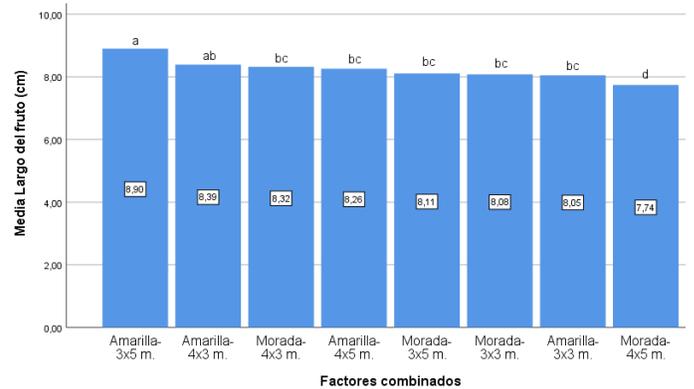


Figura 12. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el largo de fruto (cm)

El largo del fruto presento variaciones ligeras entre si donde no se encuentra una influencia directa de la variedad, aunque estadísticamente la variedad amarilla presenta una media más alta de 0,90 con respecto a la variedad morada con 4x5 m estas implicaciones se deben en mayor medida a las características morfoagronómicas del cultivo que a las condiciones de siembra.

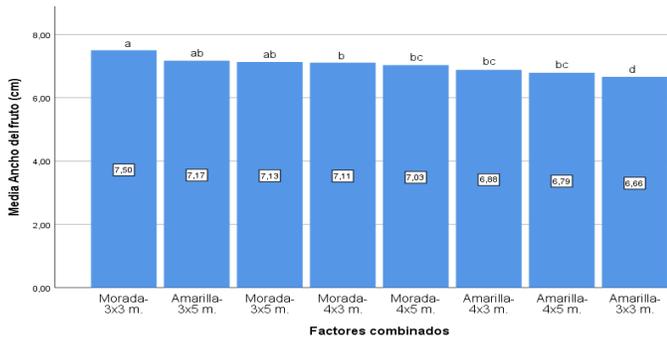


Figura 13. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el ancho de fruto (cm)

El ancho al igual que el largo presento diferencias significativas entre si pero no presentan una interacciones directa de los factores estudiados más bien se reflejan condiciones que se pueden relacionar con la morfología del cultivo.

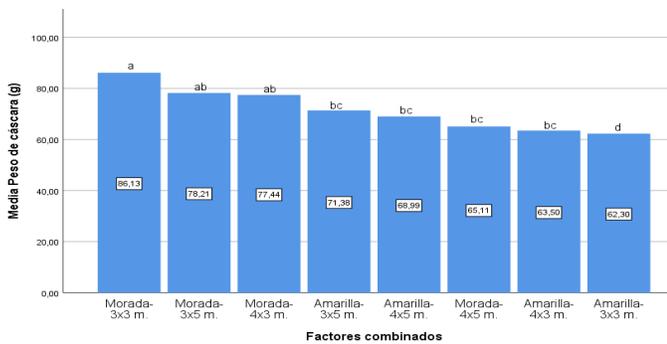


Figura 14. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el peso de cascara (g)

El peso de la cascara presento un mayor peso en gramos en las variedades morada con distancias de siembra más cortas con respecto a las demás así la variedad morada con distancias de siembra de 3x3 presento el peso más alto con una media de 86,13 y con el valor más bajo siendo amarilla de 3x3 en este sentido la variedad tiene mayor interacción que con relación a las distancias de siembra.

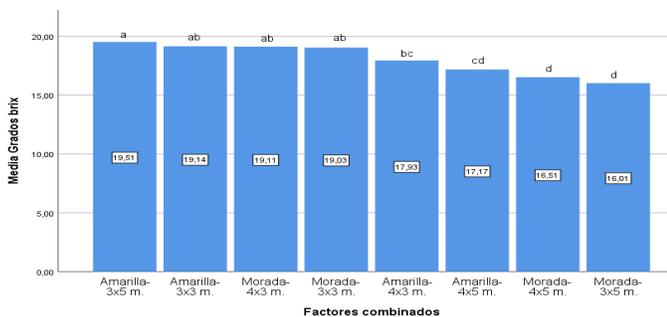


Figura 15. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con los grados brix

Los grados brix entre las variedades presentaron diferencias estadísticas entre si la variedad amarilla de 3x5 m es

superior con una media de 19,51 con respecto a la variedad morada con distancias de siembra de 3x5 m con medias de 16,01 esta implicación en cuanto a las condiciones agronómicas del cultivo no presenta variaciones.

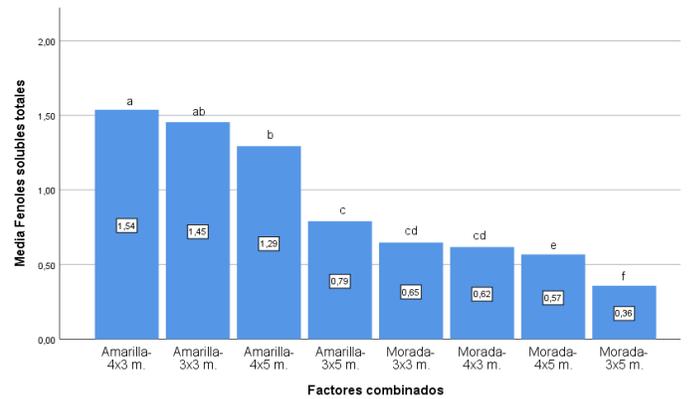


Figura 16. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el contenido de fenoles solubles totales

En relación al contenido de fenoles solubles totales la variedad amarilla en todos los casos obtuvo las medias más altas en este sentido la variedad por encima de la distancia de siembra va a influir sobre las características de este compuesto bioactivo en relación con la variedad morada presentándose media para la variedad amarilla de 1,54 con respecto a la variedad morada de 3x5 m.

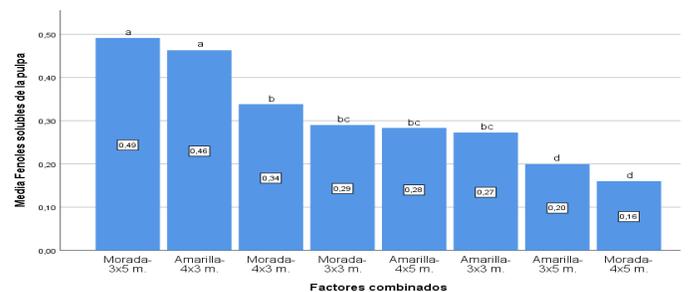


Figura 17. Comportamiento de las combinaciones entre las variedades de maracuyá y distancias de siembra en relación con el contenido de fenoles solubles de la pulpa

El comportamiento de la cantidad de fenoles solubles totales se determinó que en la variedad morada con distancias de siembra de 3x5 m y amarilla con 4x3 m fueron estadísticamente diferentes con medias de 0,49 a 0,46 con respecto al valor más bajo para la variedad morada de 4x5 m estos datos permiten aseverar que no existe una interacción directa entra la variedad o distancia de siembra sobre la variable presentada.

CONCLUSIONES

Los resultados de la segunda cosecha de la plantación de maracuyá muestran que la combinación de variedades de maracuyá y distancias de plantación no mostraron un efecto de interacción significativo, la variedad amarilla mostro el valor más alto para las características

morfológicas de los cultivos, sin embargo, la variedad morada presentó los mejores resultados en relación con los compuestos bioactivos (fenoles), los que presentaron los mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello, D., Fiorenza, A., Leonardi, G. R., Vitale, A., & Polizzi, G. (2021). *Fusarium nirenbergiae* (*Fusarium oxysporum* Species Complex) Causing the Wilting of Passion Fruit in Italy. *Plants*, 10(10), 2011. <https://doi.org/10.3390/plants10102011>
- Almeida, E. V., Natale, W., Prado, R. de M., & Barbosa, J. C. (2006). Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. *Ciência Rural*, 36(4), 1138–1142. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400015>
- Bellon, G., Faleiro, F. G., Junqueira, K. P., Junqueira, N. T. V., Santos, E. C. dos, Braga, M. F., & Guimarães, C. T. (2007). Variabilidade genética de acessos silvestres e comerciais de *Passiflora edulis* Sims. com base em marcadores RAPD. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(1), 124–127. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100027>
- Carvajal Caballero, R. (2022). Reconversión de modelos de agricultura tradicional a modelos de agricultura ecológicos en el cultivo de maracuyá. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 7. <https://doi.org/10.23850/25004468.4656>
- Haro, J., Fonseca, G., & Zamora, P. (2020). Caracterización y Tipificación De La Cadena Agroproductiva Del Cultivo De Maracuyá (*passiflora edulis* L) Pedernales, Manabí, Ecuador/Characterization and Typification of the Agro-productive Chain of Maracuya Cultivation (*passiflora edulis* L) Pedernales, M. *KnE Engineering*. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6292>
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>
- Kraujalytė, V., Venskutonis, P. R., Pukalskas, A., Česonienė, L., & Daubaras, R. (2015). Antioxidant properties, phenolic composition and potentiometric sensor array evaluation of commercial and new blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and bog blueberry (*Vaccinium uliginosum*) genotypes. *Food Chemistry*, 188, 583–590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- Lashkari, A., Irannezhad, M., Liu, J., & Schulthess, U. (2022). Cascading socio-environmental sustainability risks of agricultural export miracle in Peru. *Environmental Sustainability*, 5(2), 255–259. <https://doi.org/10.1007/s42398-022-00233-w>
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Marcillo Pizarro, J. V., Ordoñez Herrera, E. M., García Batis-ta, R. M., & I, R. D. (2022). Influencia de las dis-tancias de siembra en el desarrollo y producción de 2 variedades de Maracuyá (*passiflora edulis* degener). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 70–79. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Md Nor, S., & Ding, P. (2020). Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. *Food Research International*, 134, 109208. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109208>
- Mohotti, A. J., & Lawlor, D. W. (2002). Diurnal variation of photosynthesis and photoinhibition in tea: effects of irradiance and nitrogen supply during growth in the field. *Journal of Experimental Botany*, 53(367), 313–322. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.367.313>
- Parraguez-Vergara, E., Contreras, B., Clavijo, N., Villegas, V., Paucar, N., & Ther, F. (2018). Does indigenous and campesino traditional agriculture have anything to contribute to food sovereignty in Latin America? Evidence from Chile, Peru, Ecuador, Colombia, Guatemala and Mexico. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 16(4–5), 326–341. <https://doi.org/10.1080/14735903.2018.1489361>
- Quevedo Guerrero, J., Ramírez Villalobos, M., Portillo Paez, E., Tuz Guncay, I., Zhiminaicela Cabrera, J., & Quezada Hidalgo, C. (2022). Chemical and phytochemical characteristics as biochemical descriptors of diversity in cocoa seeds from a collection from southern Ecuador. *Revista de La Facultad de Agronomía, Universidad Del Zulia*, 39(2), e223930. [https://doi.org/10.47280/RevFa-cAgron\(LUZ\).v39.n2.08](https://doi.org/10.47280/RevFa-cAgron(LUZ).v39.n2.08)
- Raven, P. H., & Wagner, D. L. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2). <https://doi.org/10.1073/pnas.2002548117>
- Valle, K. D. do, Pereira, L. D., Barbosa, M. A., Chaves, V. B. S., Souza, P. H. M. de, Reis, E. F. dos, Hurtado-Salazar, A., & Silva, D. F. P. da. (2018). Development and root morphology of passion fruit in different substrates. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 514–520. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7779>

Zhapan Revilla, M. X., Lima Morales, K., Bernal Pita Da Veiga, M., Ángeles, de los, & Moreno Herrera, A. (2021). Potencial antioxidante de hojas de guanábana (*Annona muricata* L.) para sistemas productivos de banana. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 35–40.

Zhiminaicela Cabrera, J. B., Mora Encalada, C., Quevedo Guerrero, J., Herrera Reyes, S., Morocho Castillo, A., & León Toro, J. (2021). Influencia De la Madurez de las Mazorcas de Cacao: Calidad Nutricional y Sensorial del Cultivar CCN-51. *Revista Bases de La Ciencia. e-ISSN 2588-0764*, 6(2), 27. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i2.2706

EFECTO EN LAS APLICACIONES DE TRES BIOESTIMULANTES EN LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE ESPECIES HORTÍCOLAS

EFFECT OF THE APPLICATIONS OF THREE BIO STIMULANTS ON THE GERMINATION AND DEVELOPMENT OF HORTICULTURAL SPECIES

Jonathan Steeven Cabrera Barros

E-mail: jcabrera11@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7425-9427>

Eloy Antonio Yáñez Araujo

E-mail: eyanez1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4856-4230>

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cabrera Barros, J. S., Yáñez Araujo, E. A., García Batista, R. M. (2022). Efecto en las aplicaciones de tres bioestimulantes en la germinación y desarrollo de especies hortícolas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 27-40. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los bioestimulantes son productos de origen vegetal que se aplican con frecuencia debido a sus beneficios, brindando a los cultivos un desarrollo en su sistema metabólico de sus etapas fisiológicas mediante el proceso de fotosíntesis con la presencia de diferentes hormonas, actuando en la elongación de sus células. Las variables evaluadas permitieron identificar las diferencias estadísticas en los cultivos, considerando sus **épocas de siembra**, las dosis y tipos de bioestimulantes mostraron diferencias significativas entre los estados de siembra por cultivo independiente, de igual manera no hubo diferencia en ciertas variables estudiadas como: altura de la planta, diámetro de tallo y longitud de raíz principal. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes orgánicos (Ziman, Enerplant, Fulvin) en la etapa de semillero de cultivos hortícolas como pepino, pimiento, acelga y zanahoria, en dos estados de siembra (lluviosa y poco lluviosa). Los bioestimulantes con mejores resultados resultaron ser: el Enerplant con dosis de 0.4g y el Fulvin, al igual con su dosis recomendada (0.06 l).

Palabras clave:

Bioestimulantes, dosis, cultivos, efecto, germinación.

ABSTRACT

Bio stimulants are products of plant origin that are frequently applied due to their benefits, providing crops with a development in their metabolic system of their physiological stages through the process of photosynthesis with the presence of different hormones, acting in the elongation of their cells. The variables evaluated allowed to identify the statistical differences in the crops, considering their planting times, the doses and types of bio stimulants showed significant differences between the states of sowing by independent crops. In the same way there was no difference in certain variables studied as: height of the plant, stem diameter and length of the main root. The objective of the study was to evaluate the effect of different organic bio stimulants (Ziman, Enerplant, Fulvin) in the seedbed stage of horticultural crops such as cucumber, pepper, chard and carrot, in two states of planting (rainy and little rainy). The bio stimulants with the best results turned out to be: Enerplant with doses of 0.4g and Fulvin, as well as with its recommended dose (0.06 l).

Keywords:

Bio stimulant, dose, crops, effect, germination.

INTRODUCCIÓN

La producción de plantaciones hortícolas en América ha emergido en los últimos años debido a la gran demanda, los productores se han desarrollado y tecnificado, permitiendo la obtención de cultivos eficientes. Vicencio, (2011), menciona que las experiencias de los agricultores en las últimas décadas es la herramienta más importante con la que han contado, en la cual llevan a cabo sus proyectos de producción.

Según Benalcázar, (2009), dice que la producción en Ecuador de hortalizas radica en los elevados costos de mano de obra que demanda este proceso de producción. La mayor demanda de volúmenes de hortalizas en Ecuador radica únicamente en nuestro país, acercándose a los principales consumidores de la región como Argentina y Chile, quienes cuadruplican nuestra producción. (Salinas, 2008). La disponibilidad de estos alimentos va ligada con la seguridad alimentaria y se define a la cantidad de alimentos que tiene un país, aportando suficientes suministros de calorías y nutrientes para ciertos grupos poblacionales. (Luz, 2010).

Ube (2014) manifiesta que los cultivos de ciclo corto en la actualidad no poseen gran magnitud, debido a que los productores no cuentan con información actualizada, sobre productos dedicados a la bioestimulantes. Al emplear estos productos contribuyen de manera natural, siendo capaces de promover y estimular la germinación, el crecimiento y desarrollo de plantas, debido a la materia prima en la que se encuentran elaboradas (Torres, 2019). Para la obtención de una buena producción se requiere emplear una gestión puntual de los recursos, antes y durante del proceso, teniendo en cuenta los factores que afectan la cantidad y calidad de estos, incluyendo: ubicación, terreno, calidad de semilla, tipo y preparación de siembra, fertilidad del suelo/sustrato, calidad de agua de riego, manejo del cultivo, controles fitosanitarios. (Gabriel, 2020).

Los bioestimulantes son productos que se obtienen a partir de materiales orgánicos, sus composiciones suelen variar, la aplicación de bioestimulantes en la agricultura están centrados en los efectos fisiológicos de las plantas al igual que su metabolismo, tanto en el crecimiento de su sistema radicular favoreciendo una mayor área de absorción de nutrientes como de agua. (Vicencio, 2011).

Ardisana, (2020) manifiesta que una de las alternativas utilizadas para estimular de manera orgánica en los procesos de crecimiento y desarrollo en plántulas como en plantas. Las aplicaciones se dan de manera foliar, pero en pocas ocasiones se aplica al suelo mediante fertirrigación y en mezcla con insecticidas, con la finalidad de mejorar y acortar sus ciclos biológicos e incremento de la calidad de la cosecha tanto en calidad y cantidad. (Alarcón, 2018). Por lo general las semillas se desarrollan y germinan cuando el suelo está húmedo y las condiciones de temperatura son propicias para que así puedan crecer, pero no todas las semillas tienen las mismas condiciones de germinación por lo que es importante saber qué tipo de semilla se va a utilizar. Cabe recalcar que no podemos

tener una buena germinación sin elementos como la temperatura, la humedad, el oxígeno y las condiciones de luz para así tener un resultado favorable de las semillas a necesitar. (Batista, 2017).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes orgánicos (Ziman, Enerplant, Fulvin) en etapa de semillero de cultivos hortícolas (pepino, acelga, zanahoria y pimiento) en dos estados de siembra (lluviosa y poco lluviosa).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Cantón Pasaje, Provincia del Oro, con las coordenadas siguientes a (63° 28'31" LE y 96° 32'40" LW) y una altitud de 35 msnm donde se obtuvo material vegetal de 4 especies hortícolas (figura 1).

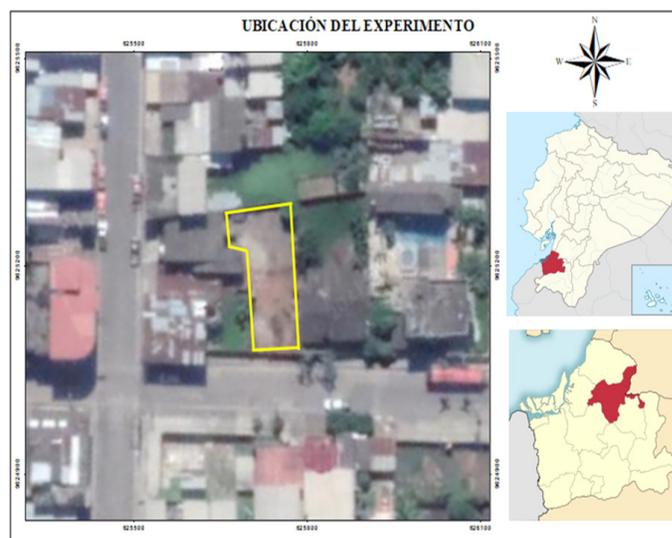


Figura 1. Ubicación del semillero de especies hortícolas

Material vegetal

Se realizó un semillero con 4 especies hortícolas: pepino (*Cucumis sativus* L.), acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), zanahoria (*Daucus carota* L.), y pimiento (*Capsicum annum* L.). (figura 2).



Figura 2. Semillas utilizadas en el proceso de investigación

Bioestimulantes: los bioestimulantes utilizados en el estudio fueron los siguientes,

Enerplant: Es un biorregulador y Bioestimulantes de crecimiento vegetal importante para la estimulación de flores y frutos. La dosis recomendada por la casa comercial

es de 20 gr en 200 L de agua. Es un polvo soluble, no es un producto tóxico, contiene composiciones como Oligosacáridos, Dextrosa, Maltodextrina y Colorante Vegetal (Alarcón 2018).

Ziman: Es un biorregulador orgánico compuesto por abonos especiales líquidos con Zinc, Manganeso, Aminoácidos libres y Nitrógeno. Su aplicación se realiza de manera foliar o por fertirrigación. La dosis recomendada por el producto es de 2 a 4 L en 200 L de agua.

Fulvin: Es un bioestimulante orgánico que ayuda al desarrollo vegetativo compuesto por materia orgánica, ácidos fúlvicos, nitrógeno, fósforo y Óxido de potasio. Su aplicación se realiza de manera foliar o por fertirrigación. La dosis recomendada por el producto es de 2 a 3 L en 200 L de agua.

Tratamientos utilizados

Los tratamientos utilizados en los diferentes cultivos (pepino, pimiento, acelga y zanahoria) objetos de estudios se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos y dosis utilizadas en la investigación

Replicas	Bioestimulantes	Tratamientos	Dosis
R1	Ziman	Dosis mínima (T1)	0.04 l
		Dosis recomendada (T2)	0.08 l
		Dosis máxima (T3)	0.16 l
		Testigo (T4)	0 l
R2	Enerplant	Dosis mínima (T1)	0.2 g
		Dosis recomendada (T2)	0.4 g
		Dosis máxima (T3)	0.8 g
		Testigo (T4)	0 g
R3	Fulvin	Dosis mínima (T1)	0.03l
		Dosis recomendada (T2)	0.06 l
		Dosis máxima (T3)	0.09 l
		Testigo (T4)	0 l
R4	Testigo	Testigo (T1)	0 l
		Testigo (T2)	0 l
		Testigo (T3)	0 l
		Testigo (T4)	0 l

Fases: Están desglosado en dos, que consisten en los procesos de germinación y semillero/campo.

Estados: Es el tiempo establecido en cada proceso realizado, estado 1 inicia el mes de febrero hasta mayo, cuyos meses son de mayor precipitación según los datos establecidos por la estación meteorológica Santa Inés ubicada en la UTMACH, realizando la prueba de germinación el 5 de febrero hasta el 26 de febrero, la siembra en semillero se da el 12 de marzo, seguido del proceso en campo o semillero hasta 7 mayo, culminando con la toma de datos a los 60 días.

El estado 2 inicia en los meses de junio hasta agosto, los datos establecidos por la estación meteorológica Santa Inés ubicada en la UTMACH, determina una menor precipitación en esos meses. La prueba de germinación se dio desde el 1 de junio hasta el 16 de junio, seguido de la siembra el 11 de junio hasta el 6 de agosto culminando con la toma de datos a los 60 días.

Fase 1: Comportamiento de cada especie en la etapa de germinación. (Días a la germinación).

Para garantizar una adecuada germinación de las semillas es indispensable que las condiciones de almacenamiento garanticen adecuadas condiciones de temperatura y humedad para reducir la aparición frecuente de patógenos (Álvarez-Orozco, Torres-Rodríguez, Querales, Valera, & D., 2021).

La prueba de germinación se realizó en bandejas germinadoras de 128 con una base mayor de 3 x 3 y base manos de 1.4 x 1.4 con una profundidad de 4.5 cm. El sustrato utilizado en el cultivo fue un biocompost, en la prueba de germinación se colocaban 2 semillas por cada orificio en la bandeja germinadoras y a una profundidad de 2 a 3 cm. (figura 3A).

Se toma en consideración los días previos de germinación, con un total de 12 semillas sembradas por cada cultivo, los cuales fueron llevados a un porcentaje del 100%, determinando el porcentaje de germinación dependiendo del número de semillas, tomando en cuenta el número de semillas germinadas, correspondiente al testigo. La prueba de germinación en semillero se utilizó la siembra en vasos plásticos de 10" colocándose un total de 2 semillas por vaso, dando un total de 3 bloques por cada cultivo, sembrándose un total de 12 semillas por cada tratamiento, se aplicaron la dosis antes de cubrir la semilla de manera foliar, determinando los días a su germinación. (figura 3B).

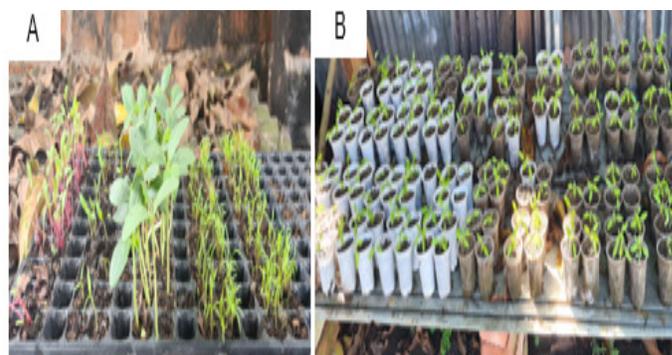


Figura 3: A) Prueba de germinación testigo B) Prueba de germinación tratamientos

Fase 2: Siembra, atención de plantas y toma de datos en semillero (60 días)

La siembra se realizó de forma directa colocándose 2 semillas por nido de siembra, cada bloque tenía un total de 64 plantas, la distancia entre tratamiento fue de 50 cm y 50 cm entre bloque, cuyos datos corresponden a cada cultivo dando un total de 768 plantillas designadas a la investigación. (figura 4 y 5A).

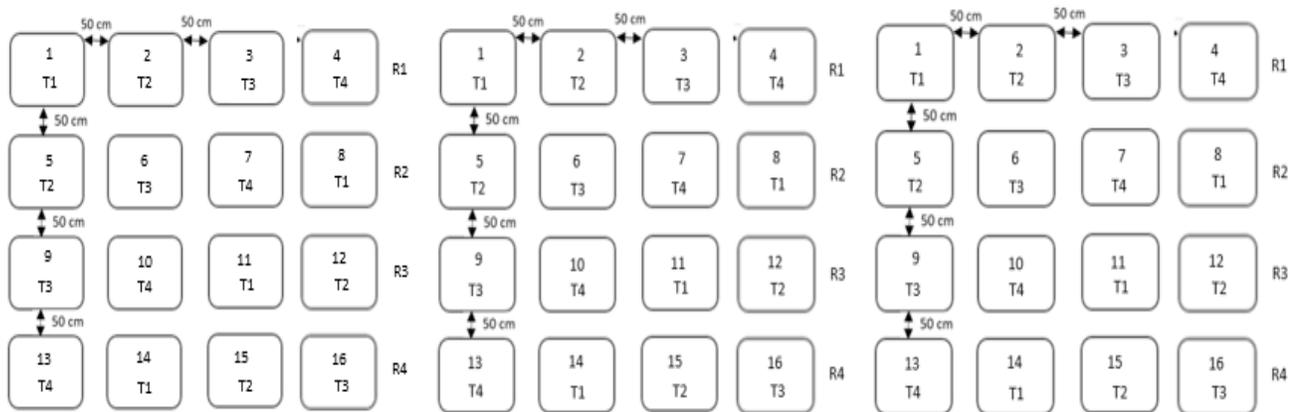


Figura 4: Croquis de los bloques de plantillas por cada cultivo a estudiar

El cultivo de pepino las semillas deben estar limpias y esterilizadas, al igual que el sustrato, este es uno de los cultivos de más rápida germinación y desarrollo, el cultivo de la zanahoria, la raíz es el principal órgano del cultivo y el más variable morfológicamente (Quilapanta & Dávila, 2018). El cultivo de acelga en el proceso de germinación su comportamiento es rápido, sus semillas pueden germinar en un amplio rango de temperaturas. El tiempo de germinación del pimiento requirió mayor tiempo, lo cual lo convierte en uno de los vegetales de más lenta germinación.

Al emitir los cultivos su primer par de hojas verdaderas se realizó la primera aplicación de los tratamientos. Las dosis utilizadas se basaron a lo recomendado por el producto que presento la casa comercial llevada a una solución de cada uno de los productos a 4 litros, para luego ser colocada en bomba de fumigar manual y aplicada de manera

foliar cada 15 días para mejorar y regular el crecimiento, el vigor de las plantas y el rendimiento agrícola (González Gómez, y otros, 2018).

Los datos se toman llegar a los 60 días dando un total de cuatro aplicaciones durante el proceso en campo y de esta manera obtener los resultados deseados de cada uno de los tratamientos de cada bioestimulante.

Los materiales utilizados para la toma de datos fueron un calibrador o pie de rey para medir el diámetro del tallo y una regla para la medición de longitudes del su raíz principal y altura de planta, cuyo registro se efectúa a los 60 días, proceso que se realiza en cada uno de los tratamientos.

La ejecución del estado 2 se realizó utilizando los mismos procedimientos ejecutados en el estado 1. (figura 5B).

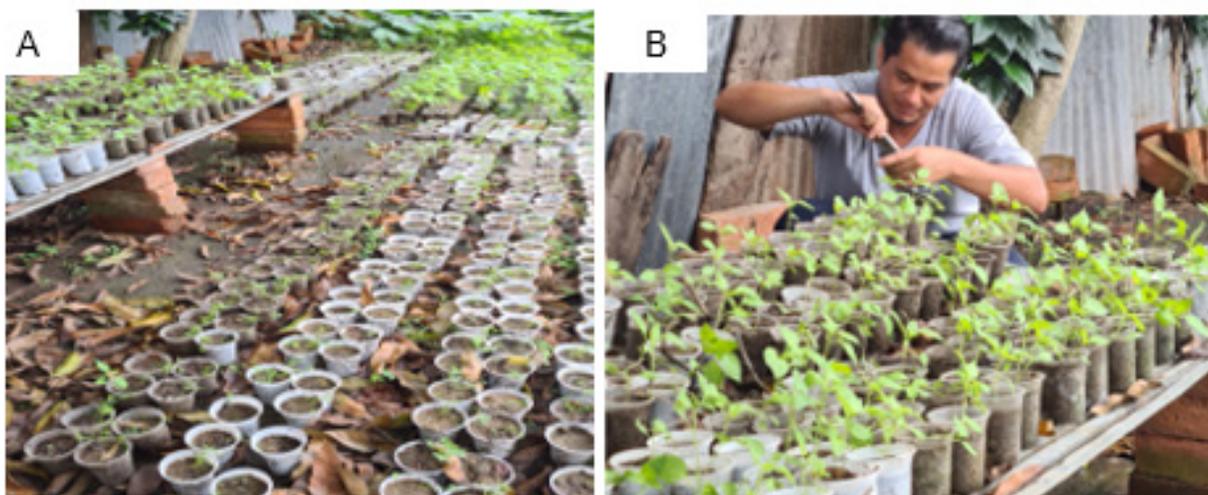


Figura 5: A) Bloques de cultivos designados con sus respectivos tratamientos y respectivos cultivos. **B)** Toma de datos de sus respectivas variables con instrumentos de medición designados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la obtención de los resultados se realizó una prueba t de student con un valor de significancia del 0.05% y 95% de confiabilidad, en los factores y variables de estudio.

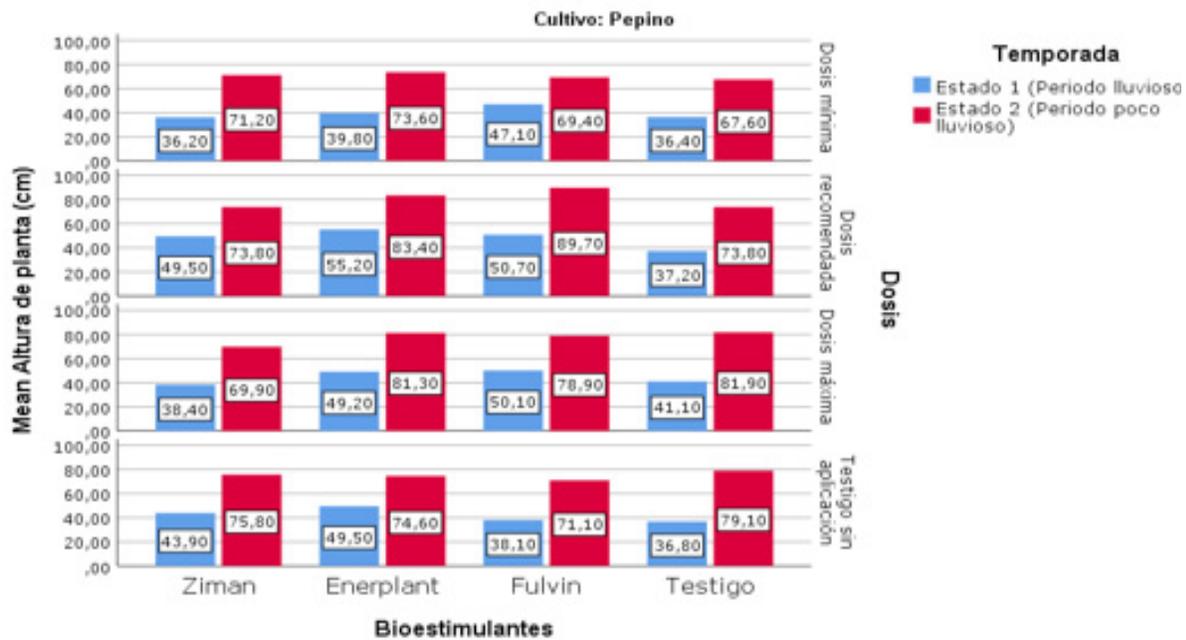


Figura 6. Medias de altura en el cultivo de pepino

La figura número 6, muestra los resultados evidenciados en el cultivo de pepino, dentro del cual se puede establecer significativas diferencias de acuerdo a los estado al que fueron expuestos los objetos de estudio, evidenciando una elevada media de altura con el estado poco lluvioso, no obstante, se observan variaciones entre la

dosis y el bioestimulante utilizado, donde la mayor altura (89.70) se presenta usando la dosis recomendada con el uso de fulvin en estado poco lluvioso, y una baja media de (36.20) usando el bioestimulante ziman en dosis mínima, en el estado lluvioso.

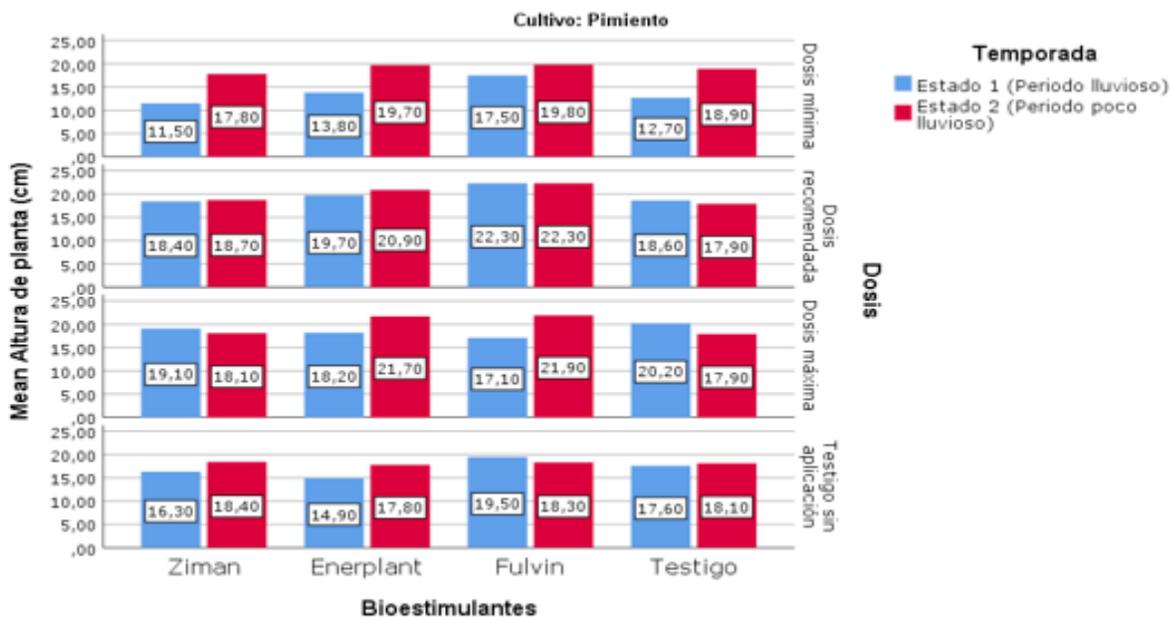


Figura 7. Medias de altura en el cultivo de pimiento

La figura número 7, muestra los resultados evidenciados en el cultivo de pimiento, donde se evidencia una mínima diferenciación entre la media de altura en relación a los estado estableciendo que la media de menor altura (11.50) se presenta al usar una dosis mínima de bioestimulante ziman, con el estado poco lluvioso, mientras que la media de mayor altura (22.30) se observa en el periodo poco lluvioso, con la utilización de fulvin en la dosis recomendada. Sin embargo, otro aspecto significativo dentro de este resultado es que se presenta la misma media de altura (22.30) en la misma dosis de bioestimulante.

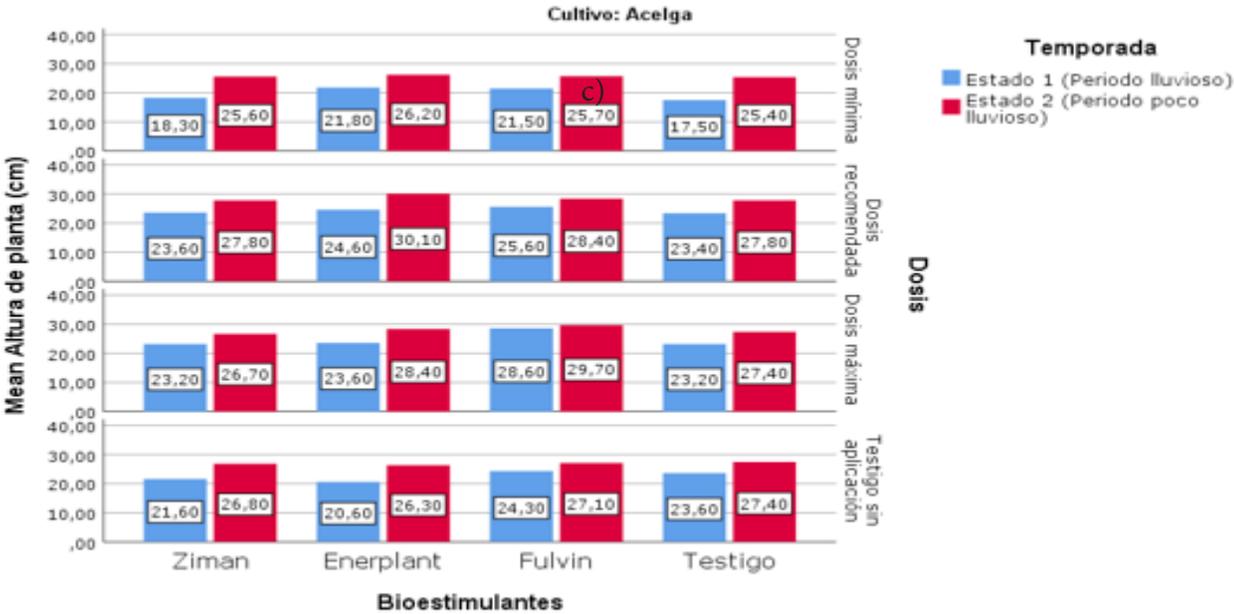


Figura 8. Medias de altura en el cultivo de acelga

La figura 8 refleja los resultados obtenidos en el cultivo de acelga, donde las variaciones de media de altura no poseen diferencias significativas, no obstante, se sigue evidencian una mayor altura en las plantas que han sido expuestas a un periodo poco lluvioso, donde la mayor

altura (30.10) se presenta en el uso de enerplant, aplicando la dosis recomendada, mientras que la media de menor altura (18.30) se presenta en el uso de ziman con dosis mínima.

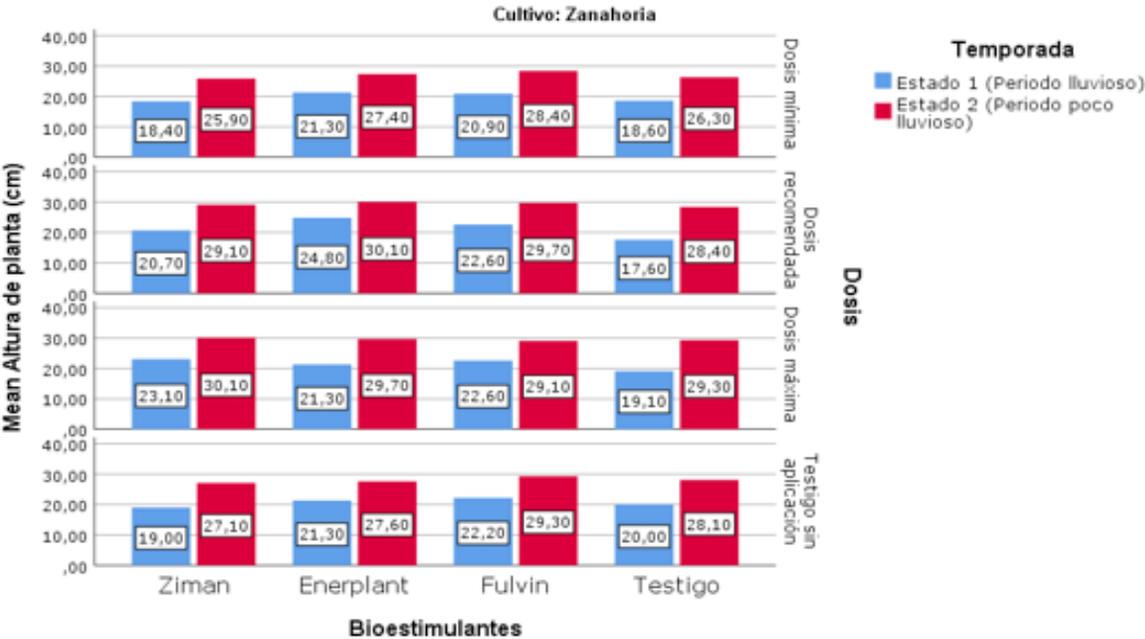


Figura 9. Medias de altura en el cultivo de zanahoria

Los resultados que muestra la figura 9 muestran las variaciones en la media de la altura del cultivo de zanahoria, dentro del cual se puede establecer que el estado poco lluvioso posee una influencia mayor en el desarrollo de la altura de la planta, de tal modo que se refleja una mayor media de altura (30.10) en el uso de enerplant con una dosis recomendada, mientras que se evidencia una menor media de altura (17.60) en estado lluvioso sin el uso de bioestimulantes.

Discusión: La altura de planta en los cultivos también es una variable de gran importancia para el estudio, pues su medición conduce a una descripción numérica del cultivo. No sólo ayuda a identificar un problema sino también a decidir si el problema es lo suficientemente importante como para prestarle atención o si es pequeño como para ignorarlo, al mismo tiempo que permite observar las causas de las variaciones del tamaño, que pueden estar dadas por la temporada o el bioestimulante utilizado. (Alvarado, 1994).

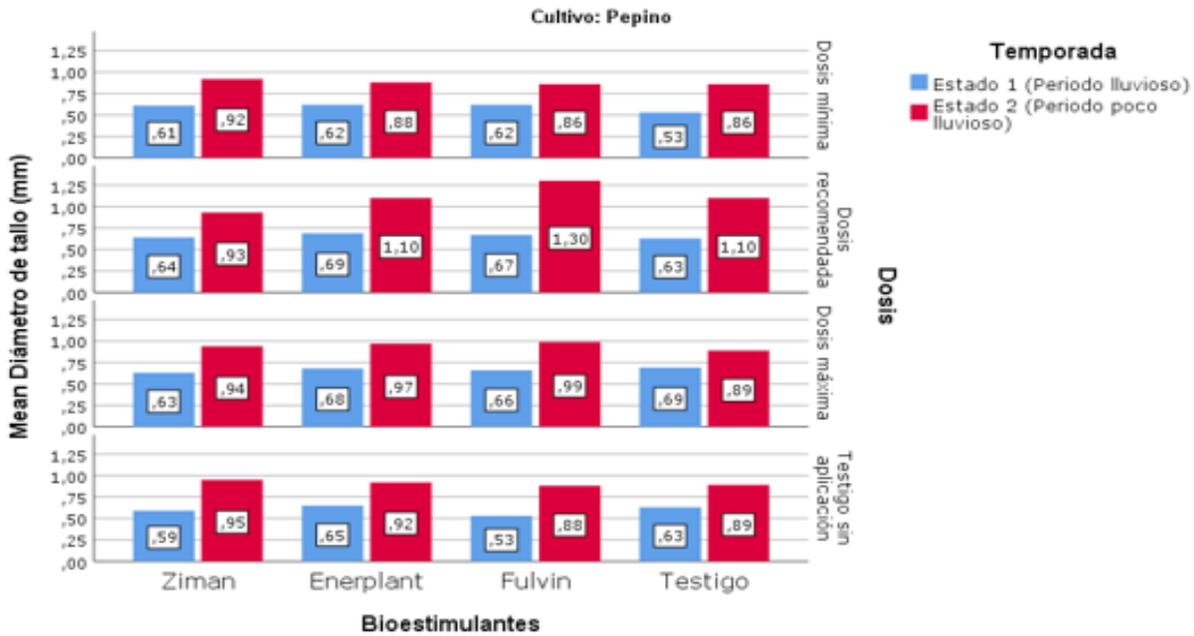


Figura 10. Medias de diámetro del tallo en el cultivo de pepino

La figura 10 muestra los resultados obtenidos en la plantación de pepinos, mediante el cual se evidencia significativas variaciones de media en el diámetro de tallo, influenciadas por los estados al cual se han expuesto los cultivos, dentro del cual se resalta la media de mayor

diámetro (1.30) evidenciada en el uso del bioestimulantes fulvin usando una dosis recomendada, sin embargo, la media de menor diámetro (0.53) se presenta en un periodo poco lluvioso en el testigo de fulvin.

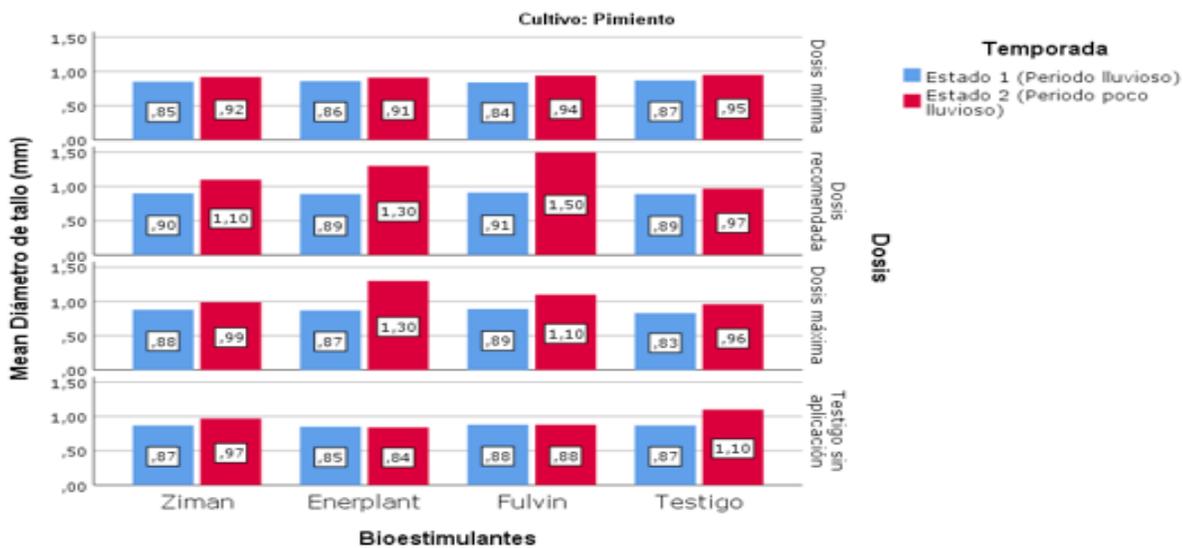


Figura 11. Medias de diámetro del tallo en el cultivo de pimiento

La figura 11 refleja resultado del cultivo de pimiento, en el cual se puede observar que la media de mayor diámetro del tallo (1.50) se da en el estado poco lluvioso, usando el bioestimulantes Fulvin, con una dosis recomendada, por el contrario, la media de menor diámetro del

tallo (0.83), se presenta en los pimientos que no se han aplicado bioestimulantes, por lo cual se establece, que al no usarse ningún bioestimulante, el diámetro del tallo no aumenta.

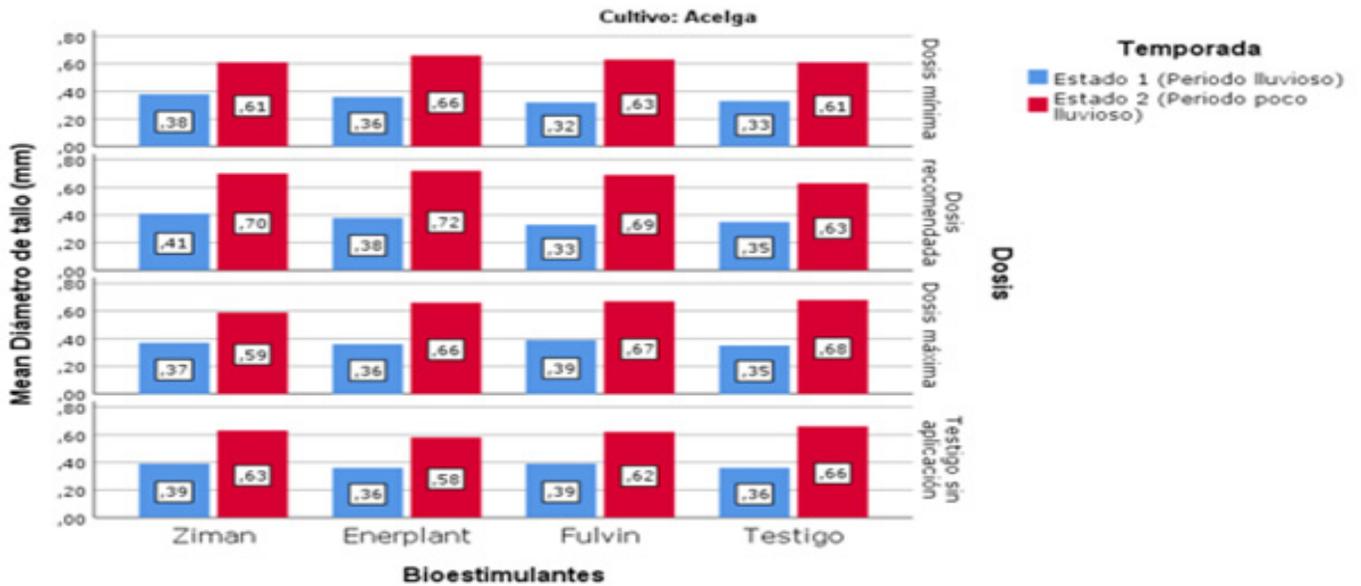


Figura 12. Medias de diámetro del tallo en el cultivo de acelga

Según los datos que contiene la figura 12, se puede evidenciar que existe una variación significativa entre los cultivos, con respecto a la media del diámetro del tallo, la cuál se condiciona principalmente por los estados, dado que, existe un mayor diámetro (0.72) del tallo en

los pimientos en el estado poco lluviosa, y usando una dosis recomendada de enerplant, sin embargo, existe un diámetro menor (0.35) en los cultivos que se usa fulvin en dosis mínimas en el estados lluvioso.

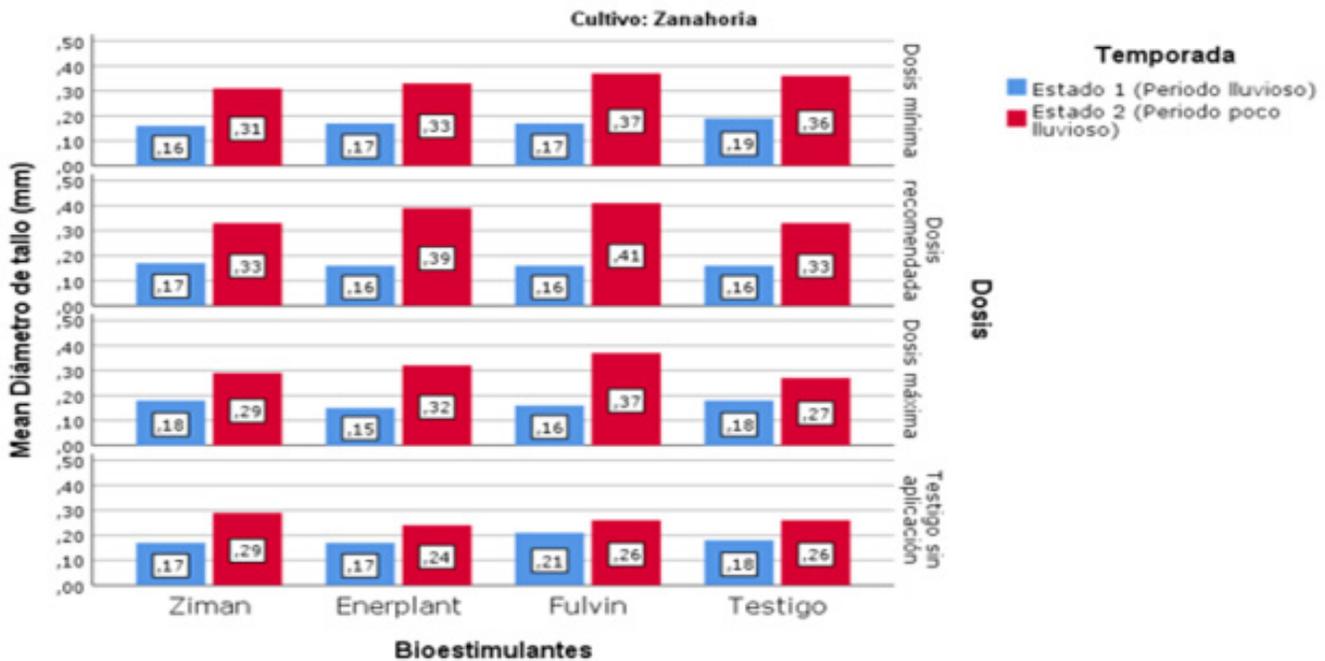


Figura 13. Medias de diámetro del tallo en el cultivo de zanahoria

La figura 13 contiene los resultados del diámetro del tallo del cultivo de zanahoria en los cuales se refleja una menor medida en la media (0.15) al sembrarse en el estado lluvioso, y haciendo uso del bioestimulante Enerplant en dosis máxima, sin embargo, se observa una mayor media de diámetro (0.41) en el periodo poco lluvioso y haciendo uso de fulvin en dosis recomendadas.

Discusión: El diámetro del tallo es un variable importante para la evaluación de los cultivos, sobre todo, cuando se conoce que el grosor del tallo posee una intrínseca relación entre la temporada de siembra, de tal manera que estos factores de estudio han creado la principal diferencia entre los cultivos, mostrando significativas variaciones de acuerdo a su temporada y el tipo de bioestimulante orgánico. Ramírez, et al., (2013)

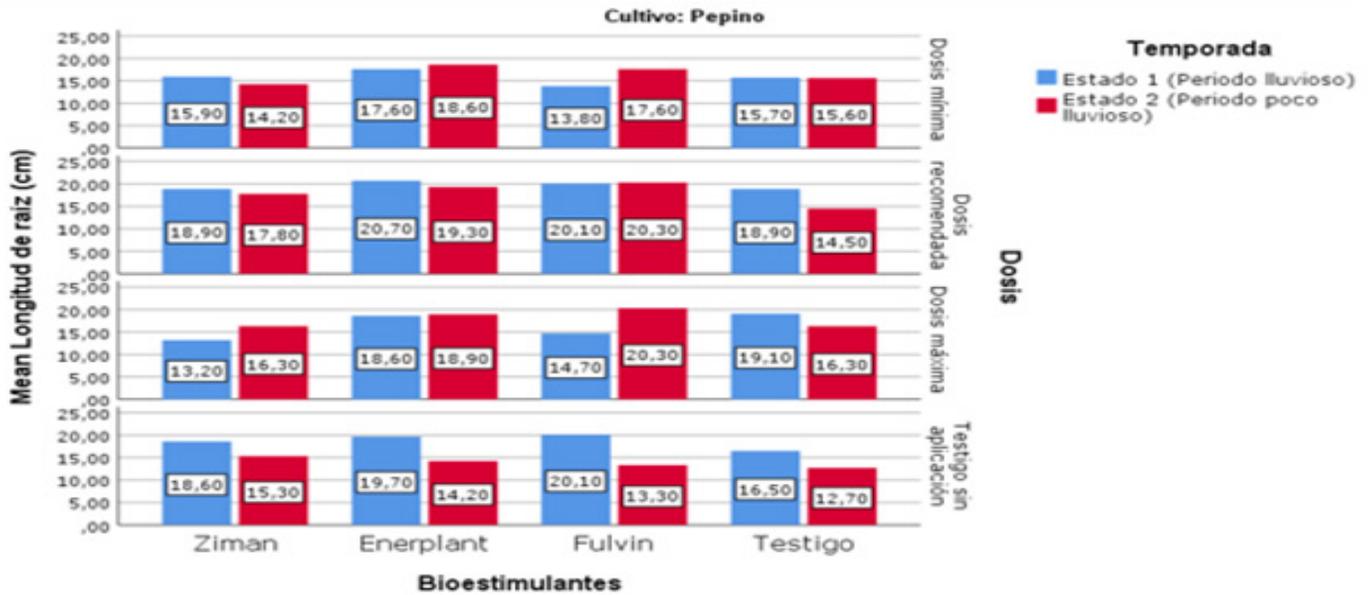


Figura 14. Medias de longitud de raíz principal en el cultivo de pepino. En la figura 14 se pueden observar los resultados de la media de la longitud de la raíz de los cultivos de pepino, en los cuales se evidencia una alta significancia en las medias de los cultivos con periodos lluviosos, por tanto, se establece que existe una mayor longitud de raíz de

(20.70) cuando se cultiva en estado lluvioso y se hace uso de enerplant en dosis recomendada. No obstante, se muestra una menor media (12.70) cuando no se hace uso de bioestimulante, en el estado poco lluvioso, por lo cual concluye que los bioestimulantes cumplen una gran función en los cultivos.

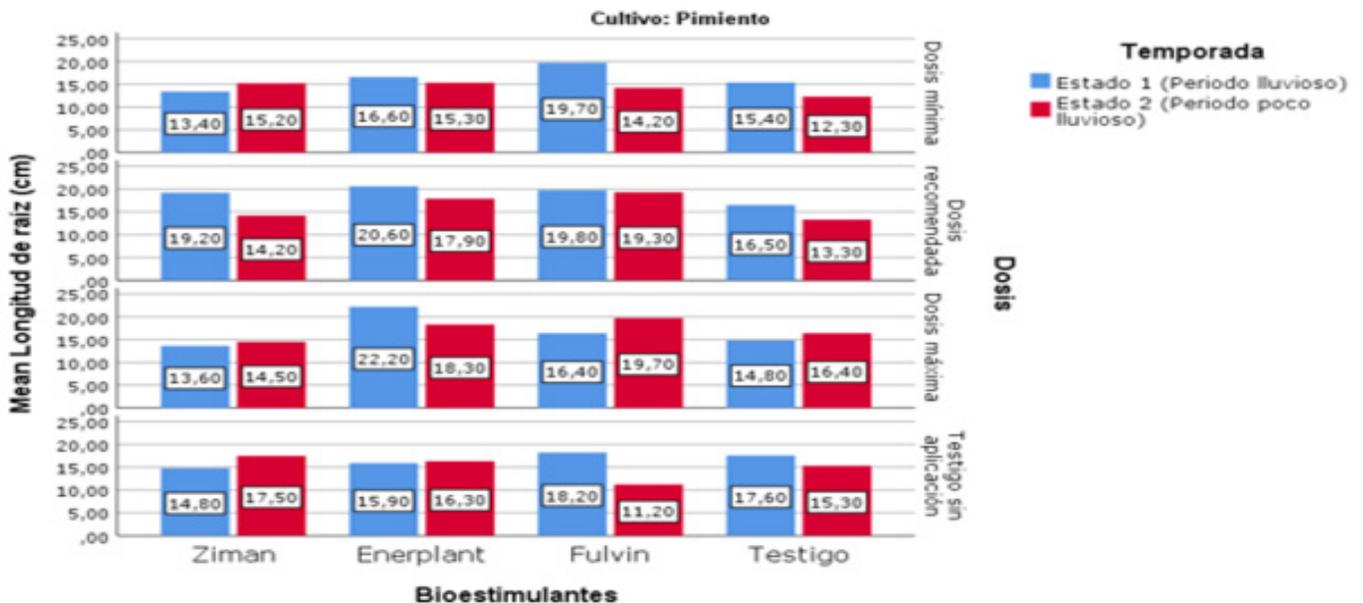


Figura 15. Medias de longitud de raíz en el cultivo de pimiento

Los resultados reflejados en la figura 15 evidencian que existe un mayor longitud de (22.20) de las raíces en los cultivos de pimienta cuando estos se dan en estado lluviosos, haciendo uso de enerplant en dosis máxima, sin

embargo, también se puede constatar que la menor medida de la media estudiada (11.20) se da cuando se cultiva en estado poco lluviosas.

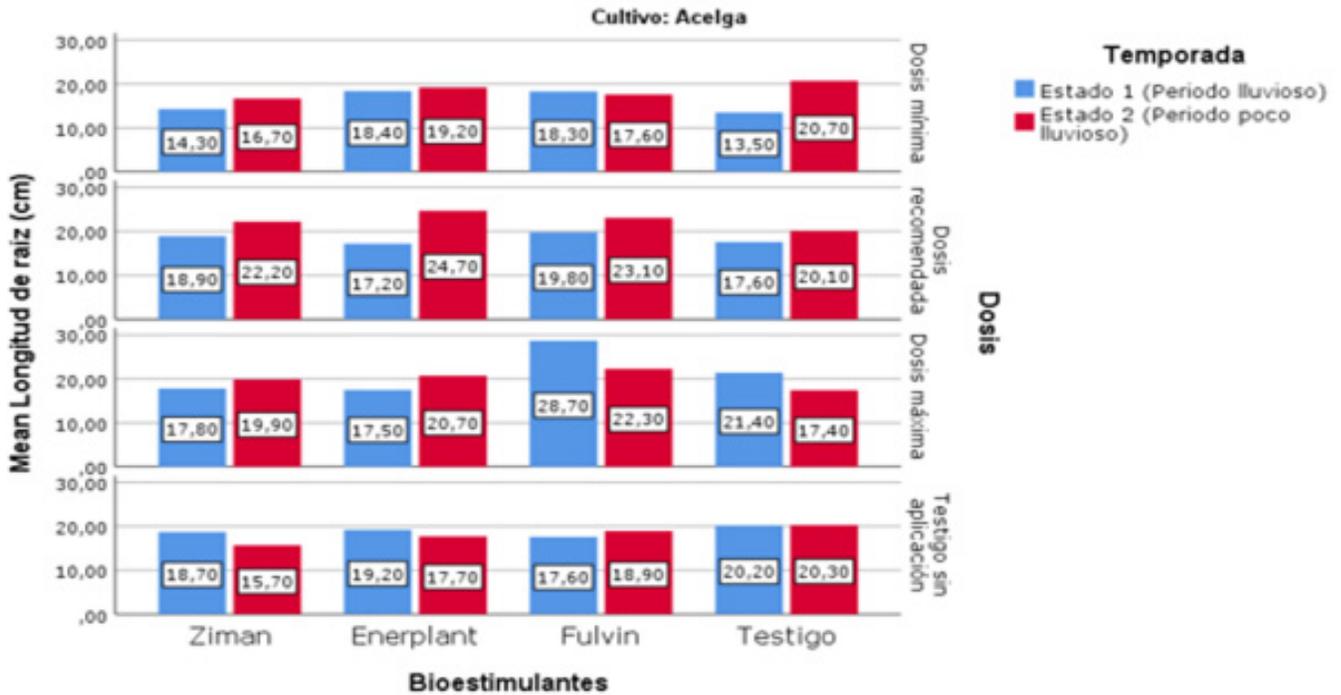


Figura 16. Medias de longitud de raíz en el cultivo de acelga

La figura 16 evidencia las medias de longitud de raíz evidenciados en los cultivos de acelga, en los cuales se evidencia una mayor medida de lo longitud (28.70) en los cultivos que se han ejecutado en estado lluvioso, y

haciendo uso de fulvin en dosis máximas, mientras que por otro lado, se refleja una mejor medida (13.50) en los cultivos que también fueron dados en estado lluvioso y sin bioestimulantes.

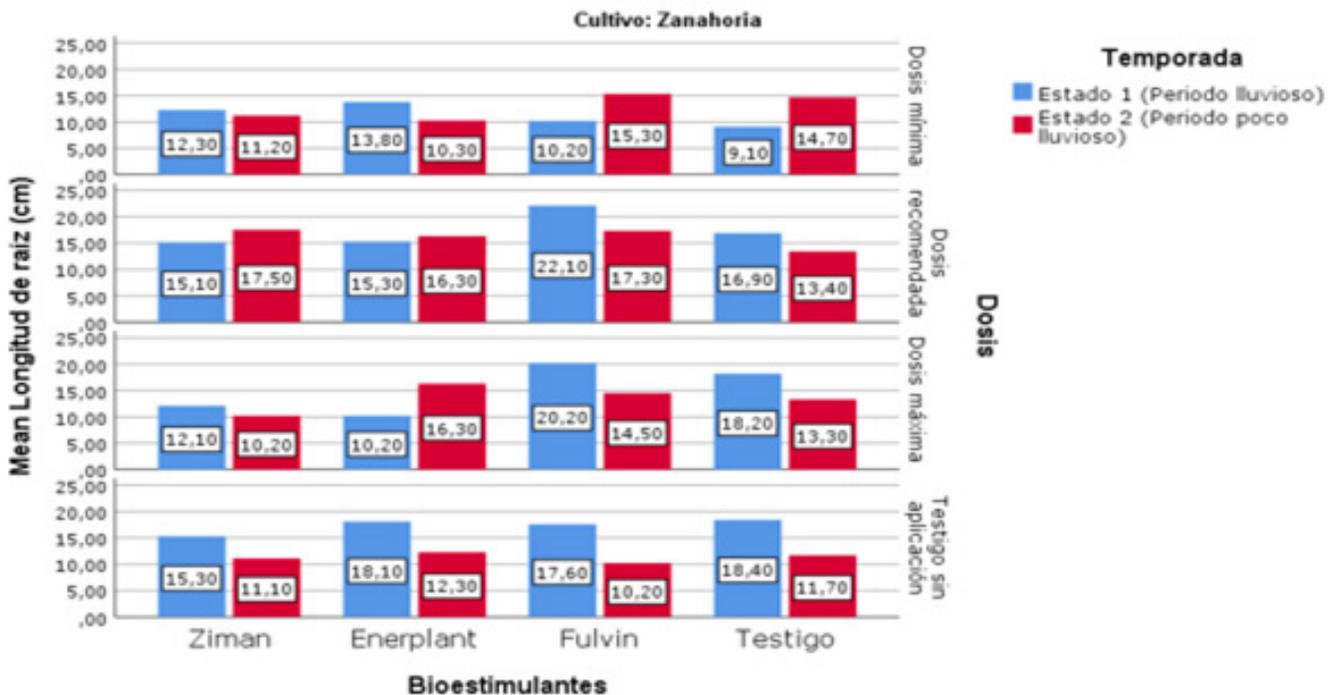


Figura 17. Medias de longitud de raíz en cultivos de zanahoria

Los resultados de las medias de longitud de la raíz en los cultivos de zanahoria, son expuestos en la figura 17, en los cuales se observan diferentes variaciones de acuerdo a los parámetros evaluados, creando una mayor significancia en la mayor media de longitud (22.20), la cual se da bajo el estado lluvioso cuando se hace unos de fulvin en dosis máxima, sin embargo, se presenta también una

menor medida (9.10) en el mismo estado, pero sin el uso de bioestimulantes.

Discusión: la Longitud de la raíz denota ser una gran variable de investigación, siendo uno de los órganos más importantes de la planta, siendo factor no favorable la presencia de humedad y bajas temperatura para su óptimo desarrollo, pero influenciando una eficiencia en el uso de reguladores orgánicos. Basso, (2019)

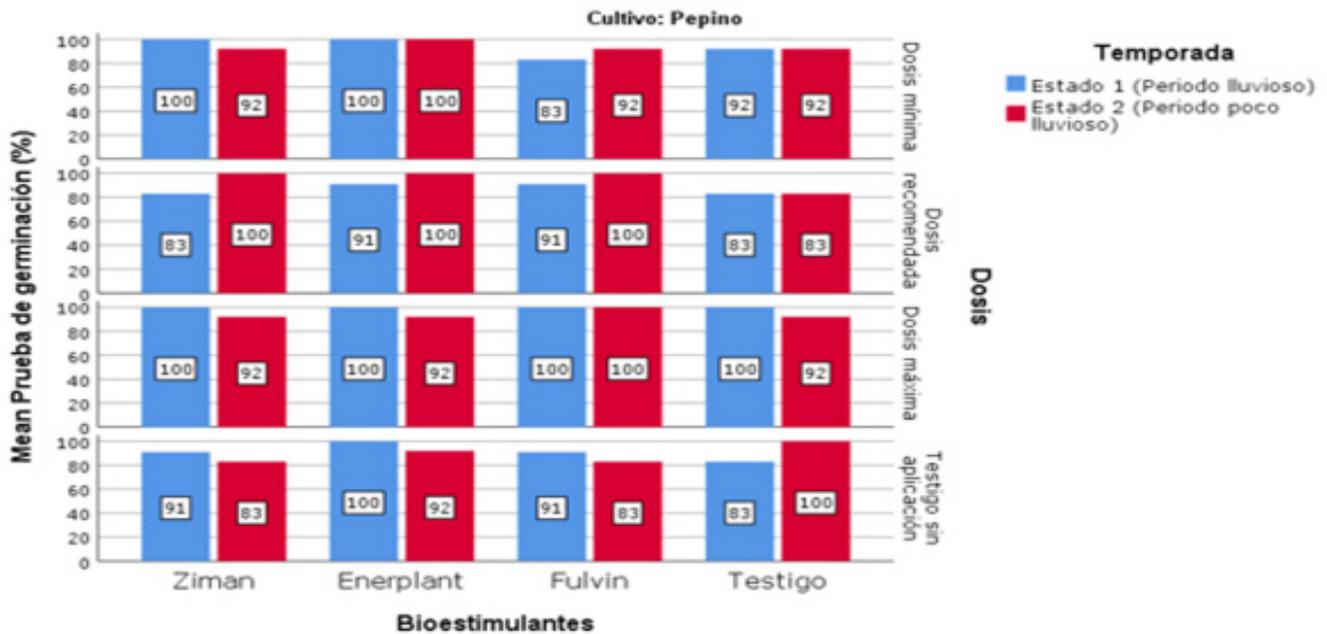


Figura 18. Medias de prueba de germinación en el cultivo de pepino

La figura 18 muestra los resultados en la prueba de germinación de pepino, dónde los valores resultan a simple vista favorables y con elevados porcentajes de factibilidad, siendo el 83% el porcentaje más pequeño del estudio, el

cual se encuentra presente en casi todos los estudios con bioestimulantes y sin él, no obstante, el único que muestra una consistencia mayor a 90% en todas las pruebas de escenario y dosis son los cultivos con enerplant.

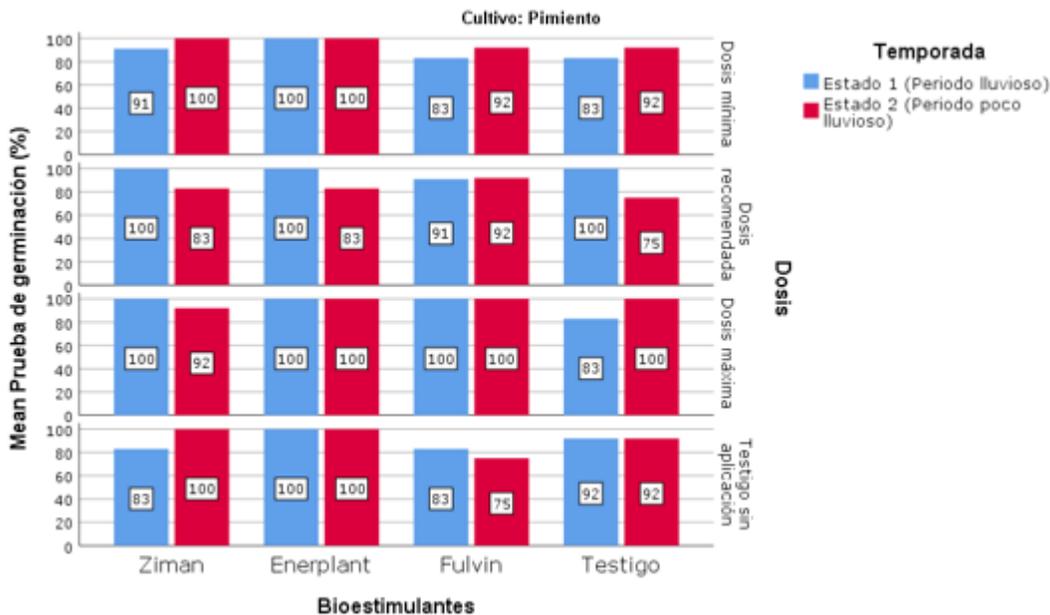


Figura 19. Medias de prueba de germinación en el cultivo de pimiento

Los resultados de la prueba de germinación del cultivo de pimiento se muestran en la figura 19, en la cual se puede constatar que en único cultivo que experimenta un 100% en las pruebas de germinación con variedad de

estados, son aquellos en los cuales se han hecho uso de enerplant, sin embargo, dentro del estudio también se observa que el porcentaje más bajo, corresponde a un 75%, el cual se refleja en testigo en el mismo estado.

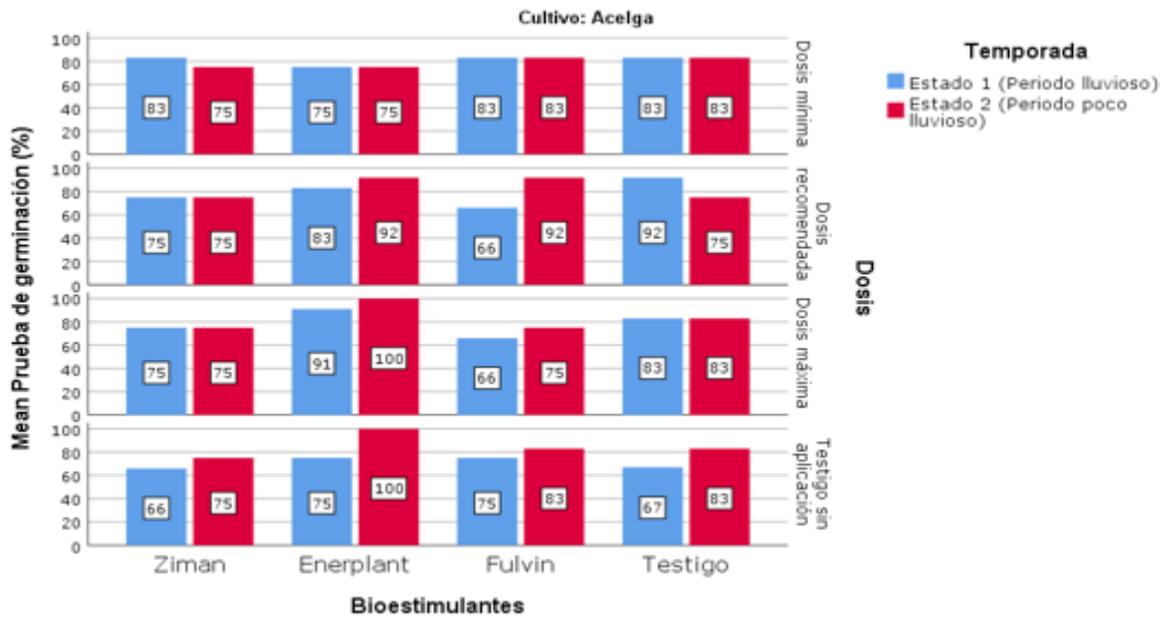


Figura 20. Medias de prueba de germinación en el cultivo de acelga

En la figura 20 se puede evidenciar que la prueba de germinación en acelgas posee bajos porcentajes de eficiencia, dado que, solo se ha hecho uso de Enerplant en estado pocos lluviosos permiten obtener altos porcentajes

(100%) en el estudio de germinación, mientras que el porcentaje de menor valor (66%) pertenece a los cultivos que se dan en estado poco lluviosos, usando bioestimulante Fulvin.

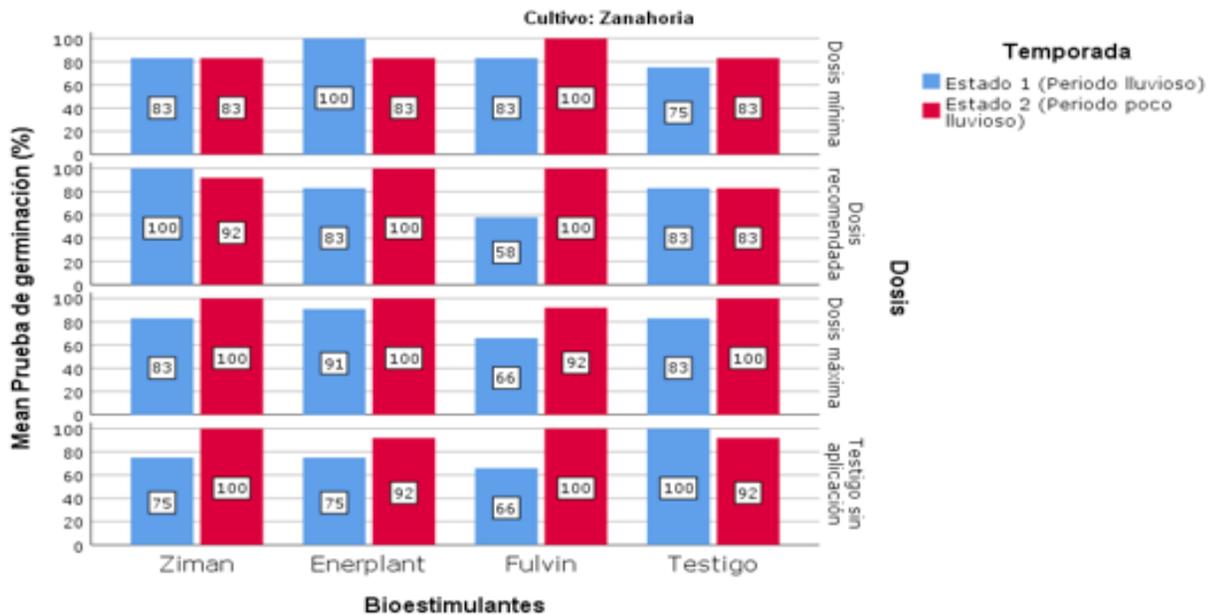


Figura 21. Medias de prueba de germinación en el cultivo de zanahoria.

La figura 21 muestra significativas variaciones en las pruebas de germinación, donde se evidencian bajos porcentajes siendo el 58% el valor más bajo, el cual se da en el estado lluvioso, y con el bioestimulante Fulvin en dosis recomendadas, no obstante, el porcentaje mayor

corresponde al 100%, el cual está presente en varias pruebas de germinación en el estado poco lluvioso.

El porcentaje de germinación el valor numérico es representativo para el estudio, dado que, "el porcentaje de

germinación, o el porcentaje real de todas las semillas de la muestra que han germinado durante las pruebas, es útil para comparar la calidad de las de semillas obteniendo resultados favorables en la aplicación de bioestimulantes y productos orgánicos". (Espitia, Cardona, & Araméndiz, 2016)

CONCLUSIONES

En el estado poco lluvioso representa un factor apropiado para el desarrollo de las plantas, y el diámetro del tallo, mientras que este factor resulta poco efectivo al valorar la longitud de la raíz, donde el estado lluvioso representa un mejor factor de desarrollo.

El estudio de la germinación permitió establecer que no existe una relación con los estados, sin embargo, el uso de bioestimulantes han resultado favorables en cultivos de pepino y pimiento, aspectos que no resultan igual en los cultivos de acelga y zanahoria.

Los bioestimulantes tienen un elevado nivel de significancia en el desarrollo de las plantas, no obstante, aquellos que han permitido obtener mayores resultados favorables son el Enerplant con dosis recomendada (0.4g) y Fulvin al igual con su dosis recomendada (0.06 l).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón Zayas, A., Muñoz Omaid, A., Viltres Roberto, R., Boicet Tony, F., Gonzales Gustavo, G., (2018), Efecto de Enerplant en el rendimiento y calidad de la cebolla. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000200002.
- Álvarez Orozco, S., Torres Rodríguez, D., Querales, P., Valera, R., Pacheco, J. D., Gavilanes, T. B., (2021), Evaluación del efecto de la presencia de hongos patógenos y metabolitos secundarios sobre la germinación en tres hortalizas de hoja. <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v24n50/2256-5337-teclo-24-50-189.pdf>
- Arboleda, L., Restrepo, L., Pava, D., (2018), Disponibilidad de frutas, hortalizas y legumbres es países de Sudamérica en el periodo 1961 al 2010. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000300112
- Ardisana Héctor, E., Torres García, A., Fosado Téllez, O., Peñarrieta Bravo, S., Solórzano Bravo, J., Jarre Mendoza, V., Medranda Vera, F., Montoya Bazán, F., (2020), Influencia de Bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000400002
- Batista Daulemys, S., Murillo Bernardo, A., Nieto Alejandra, G., Alcaráz Lilia M., Troyo Enrique, D., Hernández Luis M., Ojeda Carlos, M. S., (2017), Mitigación de Nicle por efecto de un bioestimulante en la germinación de *Ocimum basilicum* L. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000400309
- Benalcázar, L. F., (2009), Plan estratégico para la entrega domiciliaria de productos orgánicos en un sector de la ciudad de Quito. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/158/3/PLAN%20ESTRATEGICO%20PARA%20LA%20ENTREGA%20DOMICILIARIA%20DE%20PRODUCTOS%20ORGANICOS.pdf>
- Ortega Gabriel, J. L., Delvalle Juan, G., Padilla Jaime, P., Pincay Nixon, Q., Villao Fernando, A., Narváez Washington, C., Gonzales Alfredo, V., (2020), Innovaciones en la matriz productiva hortícola para reducir el efecto del cambio climático en el Puerto de la Boca, Jipijapa, Ecuador. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942020000100002
- Gustavo Luís, G., Caridad María, J. A., Castillo Dayana, C., Paz Irisneisy, M., Cambara Angel, Y. R., Falcon Alejandro, R., (2018), Respuesta orgánica del pepino a la aplicación de QuitoMax en condiciones de organoponía. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n3/0253-5785-cag-45-03-27.pdf>
- Rivas Bernarda, P.N., Leal Ivan G. A., Loaiza Luris C. F., Morillo Yonatta C. E., Colina Jean C. C., (2017), Phenolic Compounds and antioxidant activity in extracts of four Oregano species. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702017000300002
- Rodrigo, Q., Marta, D., Carlos, V., Vanessa, F., (2018). Morfotipos de Arracacia xanthorrhiza Bancr, (Zanahoria blanca) de Ecuador, como fuente de variedad del germoplasma. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n2/a13v9n2.pdf>
- Salinas Batallas, J., (2008), Interpretación de un centro de acopio de hortalizas en el Cantón Colta, Provincia de Chimborazo. <https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/4003/Salinas%20Batallas%20Jorge.pdf;jsessionid=07E9435CA758469C45F236093D-77600C?sequence=1>
- Torres Barraza, O., Torres Ovalle, B. S., Peña Peña, E., (2019), Producción y caracterización de bioestimulantes para la producción agrícola a partir de residuos locales. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/articulo/view/550/1191>

Ube Troya, R J., (2014), Adaptación y comportamiento agronómico de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris*), sembradas mediante sistemas hidropónico de raíz flotante, en la zona de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/683/T-UTB-FACIAG-AGR-000119.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20recolecci%C3%B3n%20de%20la%20acelga,20000%20kilos%20por%20hect%C3%A1rea%202%2F>

Vicencio, C. A., (2011), Bioestimulantes como enriquecimiento de sustratos para la producción de plantines de hortalizas. Universidad de Chile Facultad de ciencias agronómicas escuela de pregrado. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112337/Memoria%20Carlos%20Vicencio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE LA ZANAHORIA

INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZATION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE CARROT CROP

Xiomara Jazmín Moreno Carbo¹

E-mail: xmoreno1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7665-3217>

Ronaldo Nicolás Córdova Uriola¹

E-mail: rcordova2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2248-0503>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Moreno Carbo, X.J., Córdova Uriola, R.N., Rodríguez Delgado, I. (2022). Influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la zanahoria. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 41-50. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La fertilización orgánica en el cultivo de hortalizas constituye en la actualidad una alternativa eficaz que posibilita el incremento de la producción agrícola en armonía con la naturaleza. El objetivo del estudio experimental fue evidenciar la influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de zanahoria en la granja Santa Inés, El Oro, Ecuador, para ello, se aplicó un diseño cuadrado latino simple, en un Inceptisol y un área de 60 m², donde se utilizaron cinco tratamientos, humus de lombriz, gallinaza, guano de chivo, fertilizante mineral (10-30-10) y testigo absoluto, con cinco réplicas distribuidos de forma completamente al azar en las columnas e hileras, conformándose 25 unidades experimentales. La recolección de datos se efectuó en 10 plantas en cada unidad experimental y las variables morfológicas y agronómicas fueron medidas a los 30, 60 días y al momento de cosecha. Se utilizó el análisis de varianza factorial intergrupos para determinar la presencia o no de diferencias estadísticas entre tratamientos. La aplicación de gallinaza mostró los mejores resultados. La aplicación del fertilizante orgánico gallinaza mostró los mejores resultados estadísticamente a los demás tratamientos en relación con las variables morfológicas, agronómicas y rendimiento agrícola del cultivo de zanahoria.

Palabras clave:

Gallinaza, humus de lombriz, guano de chivo, variables morfológicas y agronómicas.

ABSTRACT

Organic fertilization in vegetable cultivation is currently an effective alternative that enables increased agricultural production in harmony with nature. The objective of the experimental study was to demonstrate the influence of organic fertilization on the growth and development of the carrot crop in the Santa Inés farm, El Oro, Ecuador. For this, a simple Latin square design was applied, in an Inceptisol and an area of 60 m², where five treatments were used, earthworm humus, chicken manure, goat guano, mineral fertilizer (10-30-10) and absolute control, with five replicates distributed completely randomly in the columns and rows, conforming 25 experimental units. Data collection was carried out on 10 plants in each experimental unit and the morphological and agronomic variables were measured at 30, 60 days and at harvest time. Intergroup factorial analysis of variance was used to determine the presence or absence of statistical differences among treatments. The chicken manure application showed the best results. The application of the organic chicken manure fertilizer showed the best results, statistically different from the other treatments in relation to the morphological, agronomic variables and agricultural yield of the carrot crop.

Keywords:

Chicken manure, earthworm humus, goat guano, morphological and agronomic variables.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es un grupo de actividades económicas relacionadas con el cultivo de la tierra y el tratamiento del suelo fértil para la producción de alimentos, comprendiendo así todas las técnicas y labores humanas enfocadas en la obtención de alimentos y otros productos que pueden ser utilizados en el sector textil (Morales, 2021).

La agricultura a nivel mundial tiene una gran importancia económica, debido a su contribución en la producción interna, al empleo y al aporte a la seguridad alimentaria. La FAO considera que la agricultura es la fuente de ingreso del 70% de la población rural en el mundo, la mayoría de personas dependen de la agricultura directa o indirectamente. Sin embargo, en la actualidad afronta dificultades en los pequeños productores, ya que se enfrentan a limitaciones como, falta de crédito, infraestructura inadecuada y escasa tecnología para el desarrollo agrícola (García et al., 2006) de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al: "author": [{"dropping-particle": "", "family": "García", "given": "Z", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], [{"dropping-particle": "", "family": "Nyberg", "given": "Jennifer", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], [{"dropping-particle": "", "family": "Saadat", "given": "Shayma Oweise", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "container-title": "Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación", "id": "ITEM-1", "issued": {"date-parts": [{"2006"}]}, "page": "1-59", "title": "Agricultura, expansión del comercio y equidad de género", "type": "article-journal", "uris": [{"http://www.mendeley.com/documents/?uuid=7ac8fdd1-4289-4d6f-b026-f864f1189350"}], "mendeley": {"formattedCitation": "(García et al., 2006).

La agricultura es fundamental para la economía del Ecuador por diferentes razones: genera valor agregado que representa el 9% del Producto Interno Bruto; ayuda a cumplir con la soberanía alimentaria y genera un 26,8% de los empleos en la población económicamente activa del país (Fiallo, 2017). La agricultura es definida como la producción, procesamiento, comercialización y distribución de productos, por lo tanto, se considera como una fuente de alimentos y materia prima (UTN, 2017), dentro

de la misma las hortalizas constituyen un rubro importante, que contribuye a la alimentación de millones de personas.

Las hortalizas son alimentos nutritivos y saludables, bajos en calorías, ricos en agua, fibra, vitaminas y minerales; su actividad antioxidante las hace imprescindibles. Además, contienen sustancias bioactivas que pueden ayudar a reducir el riesgo de padecer enfermedades crónicas, al contener bajas cantidades de almidón y azúcar (EFE:salud, 2019).

La zanahoria (*Daucus carota* L.), es una especie de planta que tiene su origen en el centro de Asia y el Mediterráneo. Se plantea que ha sido utilizadas hace 2000 años por griegos y romanos; perteneciente a la familia Apiáceas, y entre sus principales características se define que es una planta bianual, con raíz napiforme, de forma y colores variados, con una estructura interna compuesta por el xilema que se encuentra en el centro y el floema que se ubica en la parte exterior (Tomita y Arrúa, 2018) ofrece alternativas y ventajas para ser producidas en fincas de pequeños productores. En el Departamento de Ñeembucú, la producción de esta hortaliza no alcanza a satisfacer las demandas locales. El objetivo de este estudio es determinar el manejo de la fertilidad del suelo Entisol cultivado con esta hortaliza para establecer un sistema sostenible de producción con bajos insumos. Se evaluaron 4 niveles del N (0, 50, 100 y 200kgN/ha. Es una hortaliza producida y consumida en todo el mundo por su gran contenido de β -carotenos, α -carotenos, vitamina E y C, fósforo y antioxidantes (López, 2011).

El manejo agronómico en el cultivo de la zanahoria requiere de una buena preparación de suelo, se debe remover a una profundidad que posibilite la aireación, buen drenaje y retención de humedad, para evitar la compactación y obtener una exitosa producción, la siembra se realiza de dos formas: directa (se coloca la semilla directamente en el suelo) o indirecta (se siembran las semillas en semilleros y luego las plántulas se trasplantan en el terreno elegido para el cultivo (Lardizábal, 2013).

Las labores culturales más importantes en el cultivo de la zanahoria son el control de arvenses, raleo y riego de agua. El control de arvenses se debe realizar en los primeros 30 días después de la siembra, de forma manual, para evitar competencia por agua, luz y nutrientes. El primer raleo se realiza cuando las plantas tienen de 3 a 4 cm, después de varias semanas se realiza un segundo raleo. El riego es bastante exigente en este cultivo, principalmente cuando se realiza sobre suelos secos.

A nivel mundial, las principales regiones productoras de zanahorias y nabos en 2020 se encuentran en Asia (63,8%), Europa (20,1%), Américas (9,4%), África (5,9%) y Oceánica (0,9%). Los principales países productores a nivel mundial son China continental, Uzbekistán y Estados Unidos de América que alcanzan un rendimiento agrícola de 45,4 t/ha, 77,8 t/ha y 56,09 t/ha, respectivamente. En Ecuador el año de mayor producción fue 2016 con

41.069,0 t. En el año 2020 se obtuvo un rendimiento agrícola de 6,23 t/ha (FAOSTAT, 2022).

Las principales provincias productoras de zanahoria en Ecuador son Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua (Bastidas-Cadpata & Valencia-Chamorro, 2015).

La fertilización es uno de los pilares más importantes para lograr acceder al potencial productivo en el cultivo de zanahoria. El uso excesivo de fertilizantes químicos al suelo, ha sido uno de los principales factores de contaminación de las áreas de producción agrícola en el mundo (Cruz-Tobar et al., 2018) tales como compost, bocashi, humus, biol y su efecto sobre el crecimiento, diámetro ecuatorial, longitud, peso y rendimiento en el cultivo de zanahoria. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial con cuatro tipos de abonos orgánicos y tres dosis de aplicación (1 kg/m², 2 kg/m², 3kg/m²).

La utilización de fertilizantes orgánicos en la nutrición de los cultivos y las hortalizas de forma específica constituyen un elemento clave en el incremento de la producción, calidad del producto y cuidado del ambiente, aunque su efecto en el suelo es variable, según la procedencia, edad, contenido de humedad y manejo del cultivo que se realice. El uso de fertilizantes orgánicos en la producción de alimentos es una alternativa económica y a su vez nos permite obtener productos sanos y de calidad para los consumidores (Arce, 2020) "ISSN": "0377-9424", "abstract": "Introducción. La presente investigación el primer esfuerzo identificado en Costa Rica, que concreta una comparación de costos de producción entre hortalizas orgánicas y convencionales. El proyecto permitió visibilizar los precios de venta, costos unitarios y márgenes de ganancia de los productos seleccionados y los comparó entre ambos esquemas de producción. Objetivo. Esclarecer las causas asignables a la diferencia en precios de venta y costos de producción entre 6 hortalizas orgánicas y su homólogo convencional. Materiales y métodos. Se formuló un cuestionario para consultar a 2 grupos de productores, uno conformado por 10 productores de hortalizas orgánicas y otro por 10 productores dedicados a la producción convencional. Se formularon 19 preguntas cerradas sobre costos de inversión, costos de producción, ingresos, relación costo-beneficio. Las hortalizas seleccionadas fueron culantro (*Coriandrum sativum*).

Los fertilizantes orgánicos incluyen la adición de fuentes de alimentos que se producen a partir de ingredientes 100% naturales. Estos debido a su color oscuro absorben más las radiaciones solares, por lo que, la temperatura del suelo es más alta y los nutrientes se absorben más fácilmente. Aportan materia orgánica y elementos esenciales para las plantas, mejoran la estructura y la permeabilidad del suelo (Ramos et al., 2014).

Mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos se garantiza la obtención de productos agrícolas con mayor calidad, se disminuye la contaminación en los suelos, aguas y ambiente, se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, la estabilidad de los agregados,

regulación del balance hídrico del suelo, mayor retención de nutrientes y regula los niveles de pH.

El objetivo del estudio fue evidenciar la influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la zanahoria en la granja Santa Inés, parroquia El Cambio, El Oro, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo investigativo se realizó en áreas agrícolas de la Granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad técnica de Machala, ubicada en km 5,5 vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, en las coordenadas 03°17'16" de latitud Sur y 79°54'05" de longitud Oeste, a una altitud de 5 msnm (Figura 1).

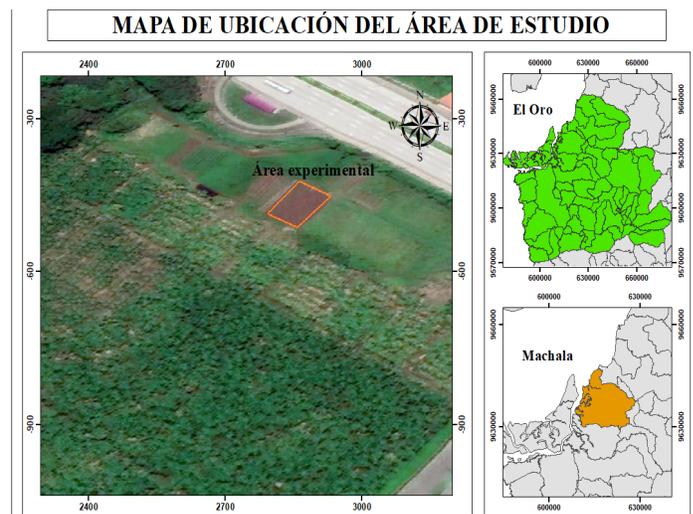


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Según Villaseñor et al. (2015) La Iberia (LI el área experimental es una zona con suelos aluviales pertenecientes al orden Inceptisol, clase textural franca arenosa y franco arcillo-arenoso, buen drenaje, con una baja conductividad eléctrica y materia orgánica, así como, un pH de 6,8. Su clima es tropical seco a semihúmedo, con temperatura máxima de 26,9 °C y mínima de 21,1 °C, precipitación de 13,6 mm y una humedad relativa de 84% (Pourrut, 1995) país andino, amazónico y ribereño del Pacífico, puede definirse como una tierra de contrastes: contrastes humanos y choque de civilizaciones, aunque también contrastes físicos, geológicos, climáticos y evidentemente hidrológicos. En efecto: en él se encuentran yuxtapuestos a cortas distancias, terrenos accidentados y llanuras, zonas cálidas y zonas frías, regiones húmedas y secas, en donde el agua se manifiesta bajo formas sumamente variables y constituye a menudo un factor limitante para el desarrollo agrícola por su escasez sobre todo, pero 3; veces también por su abundancia. I. Consideraciones generales Aunque no se debe despreciar la influencia de agentes como la geología (en particular las características litológicas tales como el grado de dureza o de

im-permeabilidad de las rocas, al igual que los grandes sistemas de fallas o de fracturas.

Diseño experimental

Para el desarrollo del estudio se utilizó un diseño cuadrado latino simple 5x5 balanceado (modelo matemático $Y_{ijh} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_h + \epsilon_{ijh}$) y el factor de estudio fue la fertilización orgánica, segmentado en dosis de fertilizantes utilizados en el cultivo de la zanahoria (15 t/ha de humus de lombriz, 20 t/ha de gallinaza y 15 t/ha de guano de chivo), así como, testigo absoluto (sin aplicación de fertilizante) y testigo relativo (aplicación de 150 kg/ha de fertilizante mineral fórmula completa 10-30-10) (Tabla 1). Se efectuó doble bloqueo que permitió el agrupamiento de unidades experimentales homogéneas dentro cada columna e hilera, con lo cual, se minimiza el efecto de factores no controlados que pueden influir en los resultados. Los cinco tratamientos objeto de estudio fueron replicados cinco veces, conformándose 25 unidades experimentales (1.5 m de largo x 1 m de ancho, para 1,5 m²), en las cuales previo al trasplante se realizó la aplicación de los diferentes fertilizantes orgánicos.

Tabla 1. Tratamientos empleados para la fertilización orgánica de la zanahoria

Tratamientos		Fertilizantes orgánicos	Dosis (t/ha)
No	Símbolo		
1	T0	Testigo absoluto	0
2	T1	Humus de lombriz	15
3	T2	Gallinaza	20
4	T3	Guano de Chivo	15
5	T4	Químico (Completo 10-30-10)	0.15

El humus es materia orgánica en estado avanzado de descomposición, con una consistencia de masa amorfa, homogénea y de color oscuro. La producción de humus de lombriz de tierra, es una técnica empleada para la transformación de residuos sólidos orgánicos, con alta calidad y que influye en las propiedades biológicas del suelo. Es una alternativa ante los agroquímicos, con un pH neutro, contiene ácidos húmicos, potasio, enzimas, nitrógeno, fósforo, hormonas, que favorece el crecimiento de los cultivos, repelente de plagas, contribuye a la retención de humedad, mantener la flora, fauna y el equilibrio biológico del suelo. Mejora la estructura del suelo, no produce quemaduras en las plantas, favorece la germinación de semillas, contribuye al desarrollo sostenible y conservación del ambiente (Milanés et al., 2005).

La gallinaza es la mezcla de excretas obtenida de la gallina, acumulada durante la etapa de producción de huevo o en periodos de desarrollo, mezclado con desperdicios de alimento y plumas. Presenta ventajas para incrementar la producción de los cultivos, entre las más importantes se encuentran: el aporte de nutrimentos como Nitrógeno, Fósforo y Potasio, incremento de la materia orgánica del suelo, mejora la productividad y calidad nutricional de los

cultivos, ofrece mayor seguridad alimenticia e incrementa el contenido de nutrientes de las cosechas, conserva el suelo, evita su degradación, y mejora la calidad de vida del ser humano (Casas y Guerra, 2020).

El guano de chivo contiene nitrógeno, fósforo y potasio; de gran valor para la producción de cultivos, generalmente no atrae insectos, no genera quemaduras en las plantas y presenta un alto contenido de humedad.

El cultivar que se utilizó Chantenay red cored con 99% de pureza, 85% de germinación y 10% peso neto. Posee forma cilíndrica y buen color, tanto externo como interno. Su follaje alcanza de 40 a 50 cm de altura, su raíz puede alcanzar hasta más de 15 cm de largo y 5 cm de diámetro.

Manejo del experimento

El área para el trabajo de investigación se delimitó con un flexómetro (12 m x 8 m), en el cual se procedió a realizar la limpieza con ayuda de machete, pala y rastrillo. La preparación del suelo se efectuó con azadón, pico y pala, removiendo el suelo a una profundidad de 25 a 30 cm, garantizándose una estructura granular y un lecho adecuado para la germinación de la semilla, desarrollo radicular y crecimiento de las plantas.

En cada unidad experimental se realizaron cuatro hileras para la siembra a 20 cm entre ellas. La aplicación de los fertilizantes orgánicos y el fertilizante químico se realizó una vez construidas las camas, se procedió a pesar la cantidad de fertilizante de acuerdo a las dosis indicadas y se distribuyó de manera uniforme en cada una de las parcelas experimentales con la ayuda de una pala 15 días antes de realizar el trasplante.

La siembra de la zanahoria se efectuó en bandejas germinadoras, se llenaron con el sustrato preparado y se colocaron tres semillas por orificio, siendo ubicadas en un lugar con óptimas condiciones para la germinación y crecimiento de plántulas. El trasplante se realizó a los 21 días después de la siembra, en un suelo con capacidad de campo y cuidado de no dañar la raíz en la extracción de las plántulas del semillero.

El riego se efectuó de manera manual con regaderas de tres a cuatro veces por semana, realizando un riego profundo para que alcance a la raíz, al igual no se aplicó agua en exceso porque nos podría generar problemas de agentes patógenos en el cultivo. El control de arvenses se realizó dos veces por semana, en la primera etapa del cultivo de manera manual con el uso del azadón y el machete en los alrededores, dentro de las unidades experimentales se limpió con una lampilla, luego esta actividad se efectuó un día por semana hasta finalizar el cultivo. Para la prevención de afectaciones de insectos plagas en el experimento se plantó orégano alrededor de toda la parcela.

La cosecha se realizó a los 90 días después de la siembra, previamente se aplicó un riego de agua ligero un día antes para facilitar la cosecha.

Parámetros de evaluación

La toma de datos de altura y hojas activas de plantas se realizó a los 30, 60 días después de la siembra, y al momento de la cosecha. Se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas de cada unidad experimental.

El peso de las hojas se efectúa al momento de la cosecha, cortando desde la unión de la raíz con el falso tallo con una tijera y posteriormente se efectuó el pesaje del follaje con una balanza gramera.

La longitud de raíz se midió al momento de la cosecha considerando desde la base del falso tallo hasta la punta de la raíz. El diámetro se realizó la medida con un pie de rey en el cual se midió toda la base del falso tallo de la raíz.

El rendimiento agrícola obtenido en cada unidad experimental (kg/parcela) se obtuvo mediante el pesaje de toda la producción de raíz obtenida y mediante cálculo matemático se determinó la producción por unidad de superficie (kg/ha).

Procedimiento estadístico

Para conocer la presencia o no de diferencias estadísticas significativas entre los tipos de fertilizantes orgánicos utilizados (humus de lombriz, gallinaza, guano de chivo, fertilizante químico y testigo absoluto), en función de las variables altura de plantas, número de hojas activas, peso de hoja, peso de raíz, longitud de raíz, diámetro de raíz y rendimiento agrícola de cada unidad experimental se realizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos, previo cumplimiento de los supuestos de independencia de errores, normalidad de datos, homogeneidad de varianza y Aditividad tratamiento columna y tratamiento hiler. Cuando se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos objeto de estudio se aplicó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan (pruebas post-hoc) con la finalidad de conocer entre que tratamientos se presentan semejanzas o diferencias. El procesamiento de los datos obtenidos en la investigación se realizó con el software estadístico SPSS, versión 22 de prueba de Windows, con un nivel de confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta a los 30 días después de la siembra

En relación con la altura de planta a los 30 días de siembra la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 10.88 cm, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (10.38 cm); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas con respecto a humus de lombriz a 15 t/ha (9.92 cm), guano de chivo a 15 t/ha (9.38 cm) y el testigo absoluto (8.46 cm) (Figura 2). Los resultados pueden atribuirse a la mayor cantidad de gallinaza aplicada y al mayor aporte de nitrógeno que realiza.

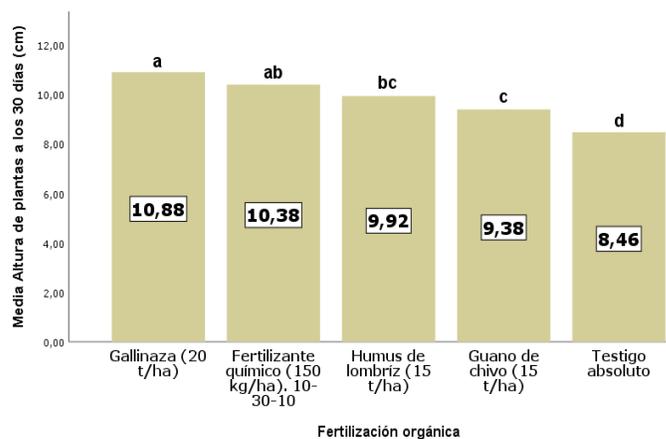


Figura 2. Efecto de la fertilización orgánica en la altura de la planta de zanahoria a los 30 días de siembra

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan)

Los resultados obtenidos en altura de plantas de zanahoria a los 30 días cuando se aplicó gallinaza (10,88 cm) en la presente investigación, muestra resultados inferiores a lo evidenciado por (Tinoco, 2020); quien en su investigación sobre el efecto de las distancias de siembra obtuvo 16,1 cm a los 30 días de efectuado la siembra, utilizando la misma distancia de siembra (20 cm x 15 cm), lo que puede atribuirse a las condiciones climáticas en este periodo que influyeron a que las plantas en los primeros estadios de desarrollo alcanzaron un lento crecimiento.

En relación con las hojas activas a los 30 días de siembra la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 5 hojas; sin embargo, no presentó diferencias significativas cuando se aplica humus de lombriz a 15 t/ha (4 hojas), fertilizante químico a 150 kg/ha (4 hojas), guano de chivo a 15 t/ha (4 hojas) y el testigo absoluto (4 hojas) (Figura 3).

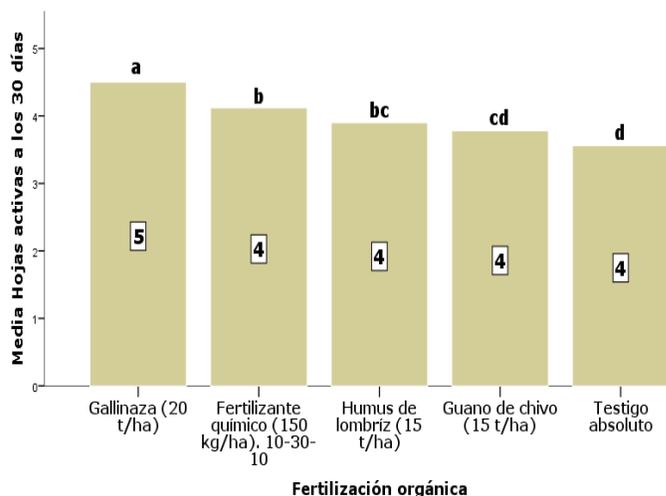


Figura 3. Efecto de la fertilización orgánica en el número de hojas activas de la planta de zanahoria a los 30 días de siembra

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan)

En relación con las hojas activas en la planta de zanahoria a los 30 días cuando se aplicó gallinaza en la presente investigación se obtuvieron 5 hojas en promedio, resultado que se corrobora con lo obtenido por Tinoco (2020); quien alcanzó cinco hojas activas a los 30 días de efectuado la siembra, a una distancia de siembra (20 cm x 15 cm) similar y con el empleo del mismo cultivar.

Altura de plantas a los 60 días

En relación con la altura de planta a los 60 días de sembrada la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 48.36 cm, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (47.06); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (44.38), guano de chivo a 15 t/ha (43.98) y el testigo absoluto (38.60) (Figura 4). Los resultados pueden atribuirse a la mayor cantidad de gallinaza aplicada y al mayor aporte de nitrógeno que realiza.

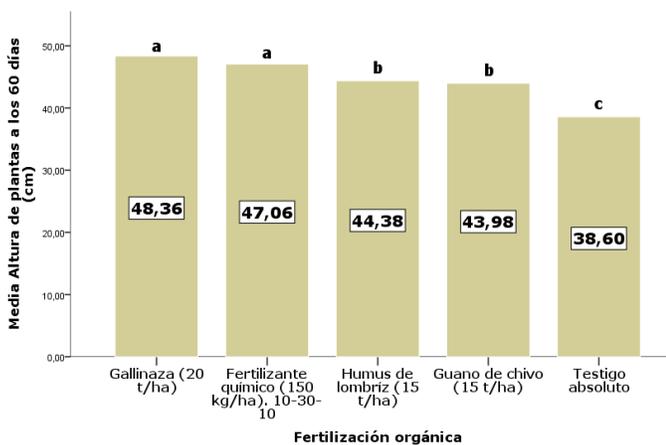


Figura 4. Efecto de la fertilización orgánica en la altura de la planta de zanahoria a los 60 días de sembrada

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

A los 60 días de efectuada la siembra en la presente investigación se obtuvo una altura de plantas de 44,38 cm con la aplicación de 15 t/ha de humus de lombriz, valor superior a lo alcanzado por Cruz-Tobar et al. (2018) tales como compost, bocashi, humus, biol y su efecto sobre el crecimiento, diámetro ecuatorial, longitud, peso y rendimiento en el cultivo de zanahoria. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial con cuatro tipos de abonos orgánicos y tres dosis de aplicación (1 kg/m², 2 kg/m², 3kg/m² quienes en una investigación desarrollada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, en un suelo Inceptisol, alcanzaron una media general de altura de plantas de 7,15 cm con la aplicación de 10, 20 y 30 t/ha de humus de lombriz, lo que puede estar asociado a las condiciones donde se desarrolló el experimento, con una altitud de 2940 msnm.

Hojas activas a los 60 días

En relación con las hojas activas a los 60 días de sembrada la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 14 hojas; sin embargo, no presentó diferencias significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (13 hojas), fertilizante químico a 150 kg/ha (13 hojas), guano de chivo a 15 t/ha (12 hojas) y el testigo absoluto (11 hojas) (Figura 5). Los resultados pueden atribuirse a la mayor cantidad de gallinaza aplicada y al mayor aporte de nitrógeno que realiza.

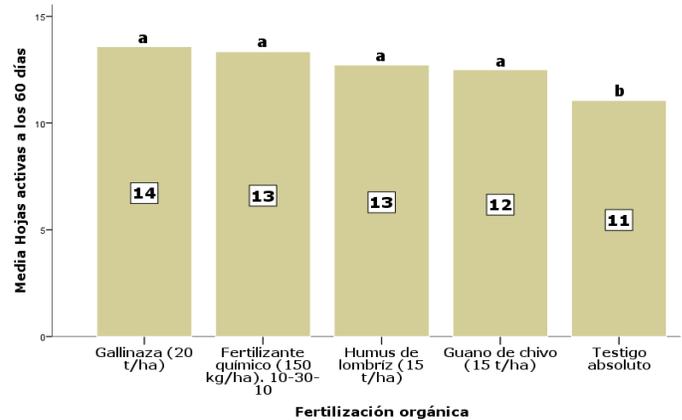


Figura 5. Efecto de la fertilización orgánica en el número de hojas activas de la planta de zanahoria a los 60 días de sembrada

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

Las hojas activas obtenidas en la presente investigación a los 60 días de efectuada la siembra, cuando se aplicó fertilizante químico (150 kg/ha fórmula de 10-30-10) fue en promedio de 13 hojas, valor superior a lo alcanzado por Chamorro (2017) quien en una investigación desarrollada en la comunidad de San Francisco, cantón Montufar, provincia de Carchi, Ecuador, a una altitud de 2800 msnm obtuvo un promedio de 7.57 hojas, a los 80 días aplicando un fertilizante químico (fórmula de 75-35-125).

Altura de planta a la cosecha

En relación con la altura de planta a la cosecha de la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 54.84 cm, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (52.96 cm); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (51.32 cm), guano de chivo a 15 t/ha (50.32 cm) y el testigo absoluto (44.32 cm) (Figura 6).

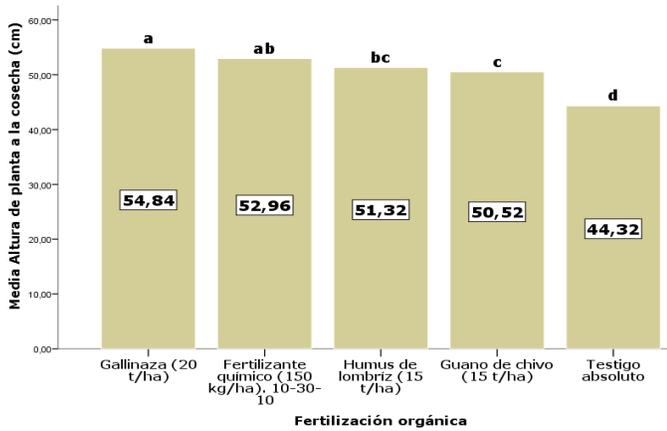


Figura 6. Efecto de la fertilización orgánica de la altura de la planta de zanahoria al momento de la cosecha

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

Castillo (2014) obtuvo resultados inferiores en 10-11 cm en la altura de planta a los 90 días de efectuada la siembra cuando aplicó 6 t/ha de humus de lombriz (41,40 cm vs 51,32 el presente estudio) y en el testigo absoluto (33,50 cm vs 44,32 cm en esta investigación).

Hojas activas a la cosecha

En relación con las hojas activas a la cosecha de zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 19 hojas; sin embargo, no presentó diferencias significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (17 hojas), fertilizante químico a 150 kg/ha (18 hojas), guano de chivo a 15 t/ha (16 hojas) y el testigo absoluto (15 hojas) (Figura 7). Los resultados pueden atribuirse a la mayor cantidad de gallinaza aplicada y al mayor aporte de nitrógeno que realiza.

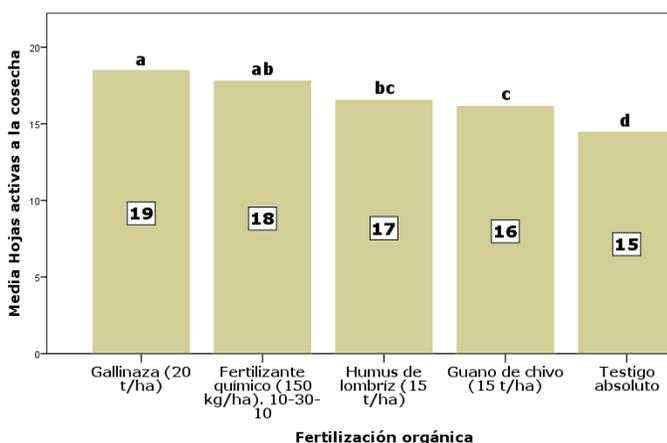


Figura 7. Efecto de la fertilización orgánica en el número de hojas activas de la planta de zanahoria al momento de la cosecha

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

Chamorro (2017) mostró como resultado de su investigación desarrollada en la provincia de Carchi, Ecuador, un promedio de 9.40 hojas a los 120 días, aplicando un fertilizante químico (fórmula completa 75-35-125+ un abono foliar) a diferencia de lo obtenido en la presente investigación que alcanzó un promedio de 18 hojas aplicando el fertilizante químico (fórmula completa 10-30-10).

Peso aéreo de la planta a la cosecha

En relación con el peso aéreo de la planta a la cosecha de la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 0.155 kg, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (0.104); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (0.085), guano de chivo a 15 t/ha (0.072) y el testigo absoluto (0.045) (Figura 8).

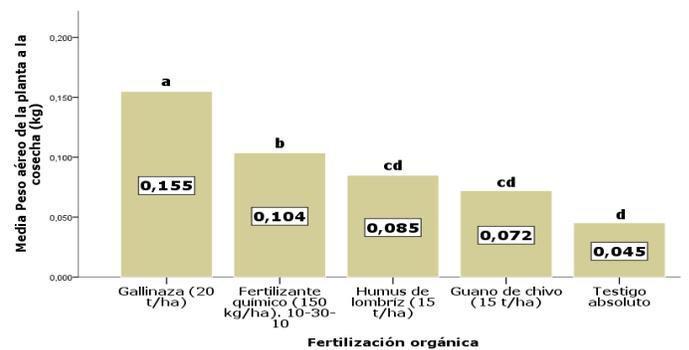


Figura 8. Efecto de la fertilización orgánica del peso aéreo de la planta de zanahoria a la cosecha

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

El peso aéreo de las plantas alcanzado al momento de la cosecha (0.045 kg) en el testigo absoluto de la presente investigación fue menor a lo obtenidos por Tinoco (2020), que alcanzó un peso de (0.099 kg) sin la aplicación de fertilizante.

Peso de raíz

En relación con el peso de raíz de la planta a la cosecha de la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 0.163, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (0.136); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (0.130), guano de chivo a 15 t/ha (0.120) y el testigo absoluto (0.100) (Figura 9).

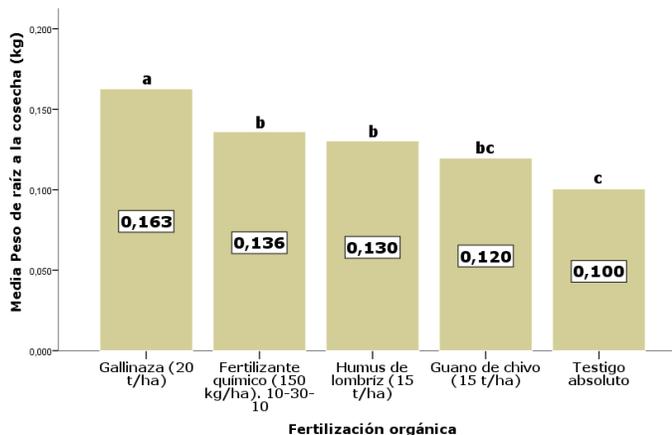


Figura 9. Efecto de la fertilización orgánica del peso de raíz de la planta de zanahoria al momento de la cosecha

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

Los resultados obtenidos en relación con el peso de la raíz al momento de la cosecha en la presente investigación son menores en todos los tratamientos a lo alcanzado por Yanique (2009) en su investigación realizada en predios de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa perteneciente al municipio de Coroico, provincia Nor Yungas del departamento de La Paz, Bolivia, situada a una altitud de 1850 msnm, con una precipitación media anual de 2390 mm, humedad relativa media del 78,5 %, una temperatura media de 18,4 °C, donde se obtuvo los mejores resultados en peso de raíz (1,733 kg/unidad experimental) cuando se aplicaron 20 t/ha de fertilizante orgánico de gallinaza en el cultivo de zanahoria.

Longitud de raíz

En relación con longitud de raíz de la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 12.16 cm, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (11.45 cm); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (11.13 cm), guano de chivo a 15 t/ha (10.66 cm) y el testigo absoluto (10.18 cm) (Figura 10)

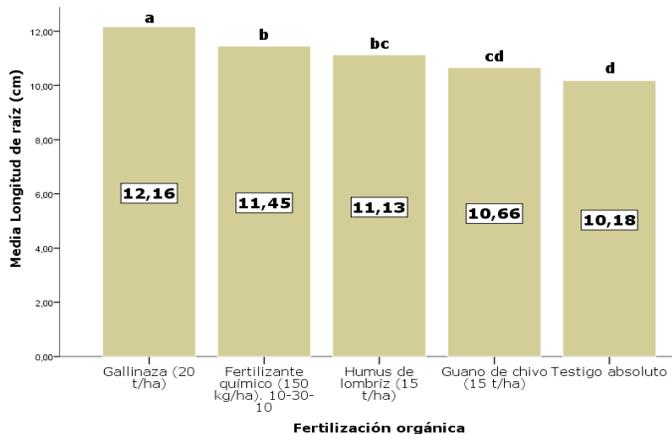


Figura 10. Efecto de la fertilización orgánica de la longitud de raíz de la planta de zanahoria en la cosecha

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

En relación con la longitud de la raíz al momento de la cosecha Yanique, (2009) alcanzó un resultado de 6,55 cm cuando aplicó 20 t/ha de gallinaza inferiores a lo obtenido en la presente investigación en la que se obtuvo un promedio de 12,16 cm.

Diámetro de raíz

En relación con el diámetro de raíz de la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 4.20 cm, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (4.12 cm), humus de lombriz a 15 t/ha (4.08 cm) y guano de chivo (3.98 cm); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con el testigo absoluto (3.51 cm) (Figura 11).

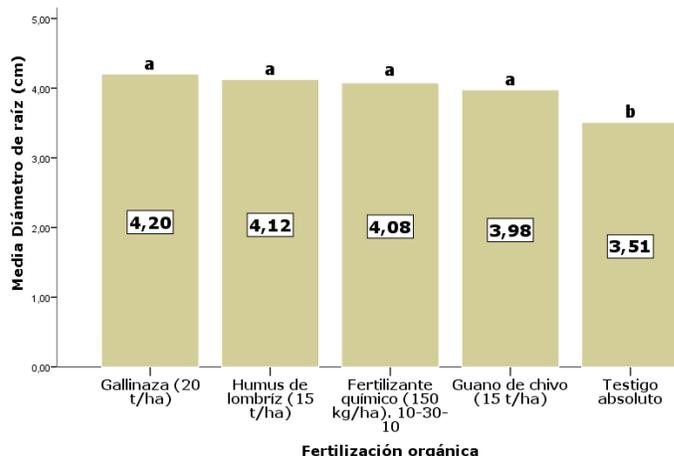


Figura 11. Efecto de la fertilización orgánica del diámetro de raíz de la planta de zanahoria en la cosecha

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

Yanique (2009) obtuvo un resultado de 3,01 cm en el diámetro de raíz cuando aplicó 20 t/ha de gallinaza en un estudio desarrollado en Bolivia, en comparación con el presente estudio donde el diámetro de raíz alcanzó un valor de 4,20 cm y el testigo absoluto un resultado inferior de 3.51 cm.

Rendimiento agrícola

En relación con el rendimiento agrícola de la zanahoria se evidencia que cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha se obtuvo un promedio de 3.342 kg/ha, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó el fertilizante químico a 150 kg/ha (2.815 kg/ha); sin embargo, presentó diferencias altamente significativas cuando se efectuó la comparación con los tratamientos humus de lombriz a 15 t/ha (2.641 kg/ha), guano de chivo a 15 t/ha (2.411 kg/ha) y el testigo absoluto (2.028 kg/ha) (Figura 12).

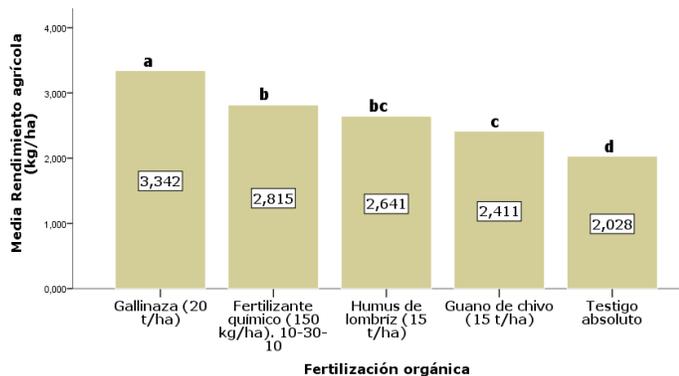


Figura 12. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento agrícola
*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los fertilizantes orgánicos y químicos utilizados (Prueba de Duncan).

En la provincia de Cotopaxi Jácome y Viera (2011) alcanzaron un promedio de rendimiento agrícola de 8.3 kg en 4 m² cuando se aplicaron 8 t/ha de gallinaza, obteniéndose valores similares al rendimiento que se obtuvo en la presente investigación (3.3 kg en 1.5 m²) cuando se aplicaron 20 t/ha de gallinaza.

CONCLUSIONES

En la altura de planta y número de hojas activas a los 30 días y 60 días después de la siembra, y al momento de la cosecha, el fertilizante de gallinaza 20 t/ha presentó mejores resultados estadísticamente significativos que el resto de tratamientos estudiados (fertilizante químico 10-30-10 150 kg/ha, humus de lombriz 15 t/ha, guano de chivo 15 t/ha y testigo absoluto), al obtener mayores valores en altura de planta (10,88 cm, 48,36 cm y 54,84 cm respectivamente) y en número de hojas activas (5, 14 y 19 hojas respectivamente).

El peso aéreo de la planta de zanahoria al momento de la cosecha con mejores resultados fue el fertilizante orgánico de gallinaza aplicado a 20 t/ha con un valor de 0,155 kg.

El peso de la raíz en la cosecha que obtuvo un valor mayor con 0,163 kg fue el tratamiento de gallinaza a 20 t/ha a diferencia del resto de tratamientos que alcanzaron valores inferiores.

La longitud y diámetro de raíz dio como mayores resultados al tratamiento de la gallinaza 20 t/ha con (12,16 cm y 4,20 cm respectivamente), no mostrando diferencias significativas en el diámetro de raíz con el resto de tratamientos (fertilizante químico 10-30-10 150 kg/ha, humus de lombriz 15 t/ha, guano de chivo 15 t/ha y testigo absoluto).

El rendimiento agrícola alcanzó un valor mayor estadísticamente significativo en el tratamiento de gallinaza con 3,342 kg a diferencia de los demás tratamientos que fueron menores (fertilizante químico (2,815 kg), humus de lombriz (2,641 kg), guano de chivo (2,411 kg) y el testigo absoluto (2,028 kg).

Se demuestra que el fertilizante orgánico gallinaza, aplicado a 20 t/ha, alcanzó los mejores resultados en las variables medidas en el presente estudio en comparación con la utilización de humus de lombriz y guano de chivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, S. E. (2020). Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional. *Agronomía Costarricense*, 44(2), 81–108. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43091>
- Bastidas-Cadpata, R. ., & Valencia-Chamorro, S. (2015). Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (*Daucus carota L.*) de IV GAMA. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 7. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176023>
- Casas, S.; Guerra, L. D. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Revista de Producción Animal*, 32(3), 1–13. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v32n3/2224-7920-rpa-32-03-87.pdf>
- Chamorro, A. F. (2017). *Efecto de la aplicación de la fertilización química complementada con abonos foliares en el rendimiento agronómico de dos variedades de zanahoria (Daucus carota L.)*: http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3191/E-UTB-FACIAG-ING_AGRON-000055.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cruz-Tobar, E., Vega-Chariguamán, J., Gutiérrez- Albán, A., González-Rivera, M., Saltos-Espín, R., & González-Rivera, V. (2018). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de zanahoria (*Daucus carota L.*). *Revista de Investigación Talentos*, 5(2), 26–35. <https://doi.org/10.33789/talentos.5.81>
- EFE:salud. (2019). *Verduras y hortalizas cada día: beneficios y consejos*. <https://efesalud.com/verduras-hortalizas-beneficios/>
- FAOSTAT. (2022). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fiallo, J. I. (2017). *Importancia del Sector Agrícola en una Economía Dolarizada*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6807/1/134856.pdf>
- García, Z., Nyberg, J., & Saadat, S. O. (2006). Agricultura, expansión del comercio y equidad de género. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación*, 1–59. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0493s/a0493s.pdf>

- Jácome, E. N.; Viera, E. N. (2011). *Evaluación de tres tipos de materia orgánica (humus, gallinaza, bocashi) en tres tipos de hortalizas (Cichorium endivia L.(Escarola), Apium graveolens L.(Apio), Daucus carota L.(Zanahoria), Barrio Manizales, Cantón Saquisilí, Provincia Cotopaxi* (Issue July). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/833/1/T-UTC-0604.pdf>
- Lardizábal, R. (2013). Manual de Producción de Zanahoria. In *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_cap_2_caractersticas_botnicas_y_tipos_varieta.pdf
- Milanés, M., Rodríguez, H., Ramos, R., & Rivera, M. (2005). Efectos del compost vegetal y humus de lombriz en la producción sostenible de capítulos florales en *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 10, 1–5. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1028-47962005000100008&lng=es&nrm=iso
- Morales, F. C. (2021). *Agricultura*. <https://economipedia.com/definiciones/agricultura.html#:~:text=La agricultura es el conjunto de alimento del entorno natura>
- Pourrut, P. (1995). El agua en el Ecuador: Clima, precipitaciones, escorrentía. In *Estudios de Geografía*.
- Ramos David, & Elein Tery Alfonso. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52–59. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
- Tinoco, V. (2020). Efecto de la densidad poblacional en parámetros morfológicos y agronómicos de la zanahoria (*daucus carota*) en la granja Santa Inés. In *Universidad Técnica de Machala*.
- Tomita, K., & Arrúa Mancuello, F. (2018). Rendimiento y absorción de macro nutrientes en el cultivo de zanahoria *daucus carota*. Var nantes, y lombricomposto en un suelo Entisol. *Revista Alfa*, 2(5), 90–100. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v2i5.41>
- UTN. (2017). *La Importancia de la Agricultura en nuestro país*. Universidad Técnica Del Norte. <https://agropecuaria.utn.edu.ec/?p=1091>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización Efectos de física la calidad y clasificación del forraje , taxonómica fresco o de henificado , algunos suelos sobre dedicados el comportamiento a la actividad alimentario agrícola de del canero (ovis de El aries) Oro. *Revista Científica*, 28–34, 8. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/15/13>
- Yanique, C. R. (2009). *Pasantía de grado*. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/5134/TD-1393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EVALUACIÓN DE UN FUNGICIDA ORGÁNICO A BASE DE TANINOS FLAVONOIDES, FENOLES Y SAPONINAS PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA EN BANANO

EVALUATION OF AN ORGANIC FUNGICIDE BASED ON FLAVONOID TANNINS, PHENOLS AND SAPONINS FOR THE CONTROL OF BLACK SIGATOKA ON BANANAS

Elvis Aaron Carrillo Romero¹

E-mail: ecarrillo1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9196-3213>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Carrillo Romero, E. A., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2022) Evaluación de un fungicida orgánico a base de taninos flavonoides, fenoles y saponinas para el control de Sigatoka Negra en banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 51-57. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

RESUMEN

El banano (*Musa x paradisiaca*) producido de modo orgánico se ha convertido en una de las frutas más consumidas en el mercado internacional; para Ecuador, es su principal fruta de exportación y, muchos productores bananeros se han inclinado al cultivo de manera orgánica, esto ha conducido a la búsqueda de nuevos insumos agrícolas, como los fungicidas orgánicos. El objetivo de este trabajo fue determinar la dosis apropiada de un fungicida orgánico para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano. Se evaluó 100 plantas por tratamiento, utilizando el método de pre-aviso biológico para evaluar la eficacia del fungicida en las hojas jóvenes de la planta. Dentro de los tres tratamientos realizados, el total de ciclos con el producto evaluado fueron 6, se tomaron datos de la evolución de la enfermedad en las Hojas 3 y Hojas 4. Los resultados señalaron al T3 como el mejor, permitiendo a las plantas llegar con un número adecuado de hojas a cosecha. La cosecha se realizó entre enero-abril, momento de mayor presión de la enfermedad en la zona de evaluación, mostrando un buen desempeño del fungicida en el mercado para el control de Sigatoka negra.

Palabras Clave:

Banano, fungicida, orgánico, Sigatoka negra.

ABSTRACT

The organically produced banana (*Musa x paradisiaca*) has become one of the most consumed fruits on the international market. For Ecuador, it is its main export fruit and, many banana producers have inclined to grow organically, this has led to the search for new agricultural inputs, such as organic fungicides. The objective of this study was to determine the appropriate dose of an organic fungicide for the control of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in bananas. A hundred plants per treatment were evaluated, using the biological pre-warning method to evaluate the efficacy of the fungicide on the young leaves of the plant. Within the three treatments performed, the total number of cycles with the evaluated product were 6, data were taken on the evolution of the disease in Sheets 3 and Sheets 4. The results pointed to T3 as the best, allowing the plants to arrive with an adequate number of leaves to harvest. The harvest was carried out between January-April, a time of greatest pressure of the disease in the evaluation area, showing a good performance of the fungicide in the market for the control of black Sigatoka.

Keywords:

Banana, fungicide, organic, black Sigatoka.

INTRODUCCIÓN

América Latina es la potencia en exportación de banano orgánico con un aproximado de 24.2 millones de cajas en el 2009, lo cual nos indica que el 3% de banano convencional. El área de banano orgánico en Ecuador es de 19000 ha y subiendo, con una fabricación de 360,000 t/año. Además, los países más dominantes en el consumo de banano orgánico son Estados Unidos, Europa y Nueva Zelanda (Vásquez-Castillo et al., 2019).

Así mismo, Ecuador es el país más productor y exportador de banano a nivel mundial y su comparencia sigue en incremento, con valores anuales en venta a otros países aproximadas de 6 millones Tm distribuidas en todos los continentes. Esta actividad, haciendo a un lado el petróleo, es la segunda manera de ingresar dinero para su economía, y, en consecuencia, de aquello, ayuda de una manera excelente su crecimiento como país (Serrano et al., 2020).

En Ecuador se cultiva banano en toda la región costera donde existen cuatro provincias al mando de la producción, donde las favorables condiciones del clima y el excelente suelo presente han contribuido en las altas cifras en producción, además, las extensiones de suelo donde se ha sembrado banano han alcanzado cifras de 200 mil ha aproximadamente y donde podemos decir que este cultivo figura como el 20% del PIB aproximadamente (Serrano et al., 2020).

Con respecto a los insumos agrícolas, podemos decir que, la elevación de consumo en los productos orgánicos ha ocasionado que el tamaño del suelo fértil designado para cultivos orgánicos que hace 7 años se ha ajustado a 50,9 millones ha en ámbito mundial, con un alza de 6,5 millones en comparación de hace 8 años. Así mismo, en los años consiguientes estos valores obtuvieron un incremento exponencial alcanzando un máximo de 97,7 millones de ha teniendo presente las áreas con cultivos silvestres y agrícolas (Villanueva et al., 2020).

En referencia a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), se ha establecido como la primordial limitación fitosanitaria para el sector bananero y se considera como la patología foliar de mayor relevancia en las naciones productoras en el mundo (Rodríguez-Gaviria y Cayón, 2008). De presentarse esta infección, la planta sufriría afectaciones considerables como deterioros en el área foliar y en la productividad de su cultivo, así la planta no podrá conseguir sustraer de sus hojas los nutrientes necesarios para llevar al racimo un óptimo crecimiento (Quintero et al., 2010).

De acuerdo a Galarza (2021), los síntomas de la Sigatoka negra se pueden evidenciar significativamente en seis fases: en la 1ra, se visualizan ligeramente puntos amarillentos en las hojas; en la 2da, se encuentran rayas de 3-4mm de largo; en la 3ra, estas rayas se van alargando hasta 2cm y son más visibles; en la 4ta, se presencian manchas de formas ovaladas con una coloración café; en la 5ta, las manchas ahora son negras con bordes amarillentos; en

la última fase, las manchas empiezan a tornarse en tonos café con un centro seco y hundido.

En lo concerniente a la transmisión de la enfermedad, se menciona que influyen 3 factores primordiales: el viento es el que permite más propagación ya que las esporas de la enfermedad son esparcidas y se alojan en las hojas de menor edad en la planta; en la lluvia, se producen condiciones de humedad que predisponen a la expansión de plagas; por último, la movilización desmedida de hojas enfermas por medio de ríos que terminan depositándolas en riveras, aumentando la propagación de la enfermedad (Galarza, 2021). En definitiva, las diversas investigaciones (Álvarez et al. (2013), Galarza (2021), Alcívar (2014)) han determinado que es una patología que perjudica la zona foliar fotosintética de la planta, de modo que, se produce una reducción del número de hojas funcionales en las plantas, por lo que los clústeres y frutos poseen un menor peso comparativamente con las plantas saludables.

Prácticamente, esta patología se ha combatido por medio de la aplicación de fungicidas químicos pero su efectividad ha disminuido a consecuencia de diversos componentes como los cambios en el impacto y severidad de la patología (Salazar et al., 2006). De igual manera, Peláez et al. (2006) mencionan que el hongo se suele controlar principalmente mediante dichos fungicidas, pero su coste anual puede llegar a unos 350 millones de dólares en América Latina y Central representando el 40% de los gastos de productividad (Mogollón y Castaño, 2012). Por su parte, debido a la aparición de variantes resistentes y al impacto económico y ambiental ocasionado por el uso excesivo de fungicidas, se establece la necesidad de métodos precisos para controlar la sensibilidad de los hongos a estos agentes.

De esta manera, se manifiesta evidente que la llave para un progreso sostenible en la productividad del banano cae en el uso de variedades resistentes. Donde la planta tendría tanta autosuficiencia que podría activar sus defensas en contra de plagas y enfermedades, sin tener que recurrir a insumos químicos, por otro lado, la inclusión de insumos orgánicos tendría muchos méritos en el ámbito ambiental, y social, donde los trabajadores no tienen esos riesgos de usar insumos químicos, además de ser rentable (Caicedo, 2015). El objetivo del trabajo fue determinar la dosis apropiada de un fungicida orgánico para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Hacienda Soledad, situada en el cantón Arenillas, provincia de El Oro, Ecuador; con coordenadas 3°32'45.0"S 80°03'48.8"W (Google Maps, 2022); con temperaturas anuales promedios de 29°C (máxima 30°C y mínima 24°C), humedad relativa de 81% y precipitaciones entre 0 y 500 mm, donde entre los meses de enero a marzo se presencia el período más lluvioso y entre junio a septiembre, el período más seco. Se realizó una selección de 100 plantas de banano del

cultivar Williams por cada tratamiento, la edad de la plantación es de 10 años, con renovaciones sectorizadas.

Manejo del cultivo: La plantación está establecida con un sistema de siembra de tres bolillos con una distancia de 2,5m entre plantas. Para los controles fitosanitarios, al ser una bananera orgánica hizo que se llevara controles culturales muy cuidadosos por sus constantes inspecciones; para el deshierbe, este se realizó cada 10 días usando máquinas rozadoras (motoguadaña), y, para el deshoje y deshije se usaron herramientas que constantemente fueron desinfectados con productos orgánicos, para estos controles se usó el podón para las hojas y una barreta para la eliminación de hijos no deseados.

Tratamientos: Se utilizaron tres tratamientos; T1, T2, T3, donde T1 tuvo una dosis de 0,8 l, el T2 una dosis de 1 l y por último el T3 con una dosis de 1,2 l por hectárea. Se aplicó el fungicida a 100 plantas por cada tratamiento. El ensayo se inició el 8 de noviembre del 2021, luego de la floración de las plantas se realizaron las aplicaciones del producto cada 8 días.

Tipo de aplicación: Se utilizó una motomochila para las aplicaciones, con un volumen de la mezcla de 50 l/ha (1 galón de aceite y el resto agua), más las diferentes dosis del fungicida a evaluar; no se utilizó emulsificante el cual se sustituyó por aceite orgánico (salmón).

Método de evaluación de la enfermedad (Cuadro1 y 2): Para la evaluación de la Sigatoka; el método de preaviso biológico o estado evolutivo de la Sigatoka, que se basa en valorar la efectividad de un fungicida en las hojas más novedosas de la planta de banano que hayan sido proporcionados de al menos 2 aplicaciones sucesivas del fungicida testeado, con el objeto de eludir cualquier impacto residual de aplicaciones previas (Infante, 2017).

Donde el cuadro 1 muestra la intensidad de grado de infección de la Sigatoka, el número de estadios de la Sigatoka visibles en una hoja están clasificados entre 0 y 5; 6 y 10; mayor a 11, estos valores representan la cantidad de estados presentes en una hoja con síntomas (según la escala de Fouré, la sintomatología de la Sigatoka negra se divide en seis estados), donde cada

clasificación es castigada con una letra, para la primera se usa la letra a, para la segunda la letra b y para la última la letra c; los factores están divididos entre 1 y 3 según el porcentaje de síntomas en la hoja a observar, así mismo para la tercera, cuarta y quinta hoja tienen unos valores constantes que permiten realizar los cálculos como se observaran en el cuadro 2.

Cuadro1. Intensidad grado de infección de la sigatoka

INTENSIDAD GRADO DE INFECCION:		
Nº DE ESTADIOS	CASTIGO	FACTOR
0 - 5	a	1
6 - 10	b	2
> de 11	c	3
VALORES CONSTANTES SEGUN POSICION DE LA HOJA:		
3ra HOJA:	120	
4ta. HOJA:	100	
5ta. HOJA:	80	

Fuente: Infante (2017)

Valoración de la Sigatoka: Intensidad y grado de severidad: Cada semana se registraron datos de intensidad y grado de severidad de la Sigatoka, para la intensidad se colocó el número de plantas con presencia sintomatológicas de Sigatoka en las hojas (Torrado-Jaime y Castaño-Zapata, 2008).

De acuerdo a Marín (2018), “la utilización de una variable que consolide los diferentes grados de severidad refleja de mejor forma el nivel de infección presente en la plantación” (p. 5). Por lo que, el grado de severidad se lo examinó en la hoja más joven con síntomas en cada una de las plantas. El registro del grado de severidad se lo realizó semana a semana sobre la misma hoja hasta que esta llegó a un grado de severidad del 100%, instante en el cual se comenzaba a elegir otra vez la hoja más joven con síntomas y así el procedimiento junto con la toma de datos se repetía.

Cuadro2. Procedimiento para determinación de los estados evolutivos de Sigatoka

DETERMINACION DE LOS ESTADOS EVOLUTIVOS POR HOJA: (Ejemplo:)									
Planta N.º	Hoja - 3ra.			Hoja - 4ta.			Hoja - 5ta.		
	Grado Sever.	Castigo A-B-C	Factor 1-2-3	Grado Sever.	Castigo A-B-C	Factor 1-2-3	Grado Sever.	Castigo A-B-C	Factor 1-2-3
1	2	a	1	2	b	2	3	a	1
2	2	b	2	3	a	1	3	c	3
3	2	a	1	2	c	3	3	b	2
4	2	b	2	2	b	2	4	a	1
5	0	-	0	3	a	1	3	c	3
Totales	8	-	6	12	-	9	16	-	10
Promedio	1.6	-	1.2	2.4	-	1.8	3.2	-	2
Constante	120			100			80		
Estado evolutivo	$1.6 \times 1.2 \times 120 = 230.4$			$2.4 \times 1.8 \times 100 = 432$			$3.2 \times 2.0 \times 80 = 512$		
Calificación	BAJA \leq DE 250			MODERADA (DE 251 A 500)			SEVERA \geq 501		

El cuadro 2 representa un ejemplo de cómo se realizaría una calificación de los estados evolutivos de la Sigatoka en cada hoja, para esto se necesita los datos del cuadro 1 (antes explicado) para poder llenar este cuadro, donde el estado evolutivo se lo consigue multiplicando el promedio del grado de severidad con el promedio de los factores y la constante según el número de hoja seleccionada. Con este cálculo, podemos determinar la incidencia de la enfermedad en las hojas y con eso determinar si algún producto utilizado está dando resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Derivado de los análisis realizados los resultados obtenidos, se muestran en la figura1 y figura2 que hubo diferencias considerables entre las dosis que aplicamos con la evolución de la enfermedad tanto en la 3era hoja como en la 4ta. Tomando en cuenta la valoración de los estados evolutivos (Cuadro2) en la Hoja3 se empezó con valores entre 200 y 216 (estado evolutivo de infección), después de dos aplicaciones realizadas se empezó a observar los resultados en los muestreos realizados para comprobar la evolución de la enfermedad, teniendo al T3 con mejores resultados, obteniendo un valor mínimo de 100 en comparación con los otros tratamientos, teniendo en cuenta que con los otros tratamientos T1 y T2 también tuvieron disminuciones (cerca del 30%) en la evolución de la enfermedad a comparación con los valores iniciales; después tienen una tendencia a elevarse (Figura1) notando que el T1 se eleva casi a la par de los valores iniciales, mientras que T2 y T3 mantienen valores bajos entre 100 y 140, siendo T3 el tratamiento con mejores resultados.



Figura1. Evolución de la enfermedad en la 3ra hoja

Los resultados obtenidos (Figura 1) se demuestra la efectividad de fungicidas orgánicos en conjunto con otros trabajos, se exploró la investigación de Alcívar (2014), donde demuestra la eficacia de algunos fungicidas orgánicos y dentro de ellos se encuentra uno que contiene ciertas propiedades similares a nuestro producto, e indica que ese fungicida no tuvo casi injerencia al tomar los resultados después de sus aplicaciones teniendo los valores más altos de infestación de Sigatoka en comparación con los demás fungicidas.

La figura 2 se puede observar cómo se inició con valores entre 240 y 260 (estado evolutivo de infección); y así mismo, después de dos dosis aplicadas del producto se empezó a visualizar los resultados en los muestreos realizados para comprobar la evolución de la enfermedad, que, al igual como en Figura 1 se tuvo al T3 como la dosis con mejores resultados, obteniendo un valor mínimo de 120 en comparación con los otros tratamientos, teniendo en cuenta que a diferencia de los muestreos en la 3era hoja Figura1 los otros tratamientos T1 y T2 tuvieron muchas variaciones no tan favorables, mostrando tendencias a elevar sus valores a rangos negativos según el Cuadro 2, a diferencia del T1 que mantiene valores por debajo de 250 que según el Cuadro 2 la infección es considerada baja.

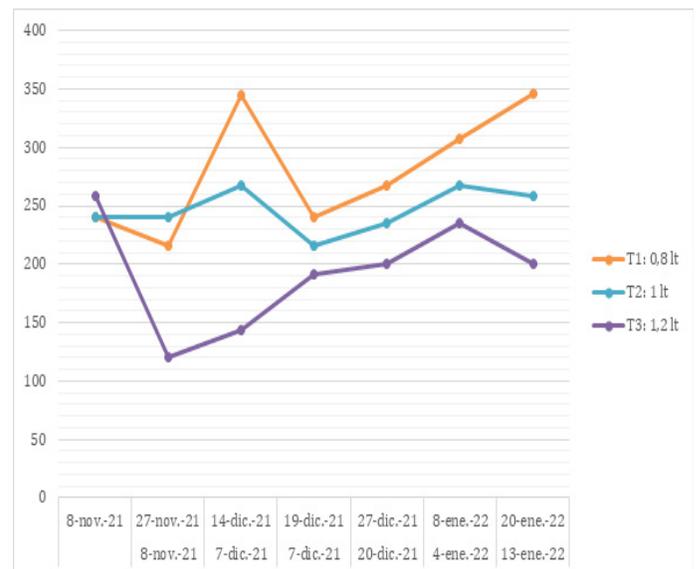


Figura2. Evolución de la enfermedad en la 4ta hoja

Investigación realizada por Noles (2020) donde se coincide el sector de investigación (Arenillas), realizó una comparación de fungicidas orgánicos para el control de Sigatoka negra, obtuvo excelentes resultados con los tres fungicidas aprueba que tuvo, teniendo en consideración que el fungicida con compuestos similares al fungicida de este ensayo, tuvo los mejores resultados, donde expreso que tuvo hojas limpias de infección hasta en un 61% (Figura 2).

Cuadro3. Numero de hojas a la cosecha

TRATAMIENTOS	NUMERO DE HOJAS A COSECHA					PROMEDIO
	P1	P2	P3	P4	P5	
T1: 0,8 Lt/ha	5	5	4	5	5	5
T2: 1,0 Lt/ha	7	5	6	5	6	6
T3: 1,2 Lt/ha	9	7	8	7	9	8

Los resultados del Cuadro 3 nos muestra el número de hojas que tuvo cada planta al momento de su cosecha, se puede notar que el T3 sigue siendo el más favorable con

respectos a los otros tratamientos usados, terminando su ciclo con un promedio de 8 hojas, siendo una cantidad de hojas muy buena, ya que al tener poca cantidad de hojas se corre el riesgo de que la fruta presente almendras maduras, que son consideradas racimos no óptimos para su exportación (Zuluaga, et al., 2007).

Al comparar con la investigación de Galarza (2021), se visualiza que una vez realizado el análisis de sus tratamientos se llegó a la determinación que no existieron injerencias en la producción y eliminación de hojas, se mantuvieron las mismas estadísticas ya sea antes y después de la aplicación de sus fungicidas a prueba.

A diferencia de la investigación de Aguilar (2007), donde sí se evidenciaron mejores resultados al momento de llegar con un buen número de hojas a cosecha, por lo que se debe realizar la mención de que el sector donde se realizó dicha investigación es un lugar totalmente diferente al del presente trabajo. En este sentido, se reafirma la eficacia de este tipo de fungicida orgánico hacia el control de la Sigatoka negra.

CONCLUSIONES

La dosis 1,2 L*ha⁻¹ (T3) dio resultado satisfactorio para el control de Sigatoka negra, llegando con un número (8 hojas sanas) adecuado de hojas sanas a la cosecha, igual a la media de la plantación comercial del banano. Las dosis de 0,8 L*ha⁻¹ y 1,0 L*ha⁻¹ llegaron con pocas hojas a la cosecha, poniendo en riesgo la calidad de la fruta. La cosecha de la fruta se la realiza en la temporada de mayor presión de la enfermedad en la zona (enero-abril) mostrando buen desempeño del fungicida en dichas condiciones climáticas. El fungicida evaluado sería una nueva alternativa en el mercado para el control de Sigatoka negra tanto en banano orgánico como convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, A. (2007). Evaluación de fungicidas orgánicos y minerales en plantas de banano (*Musa Acuminata* AAA) para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) [Tesis de postgrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio digital. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/100336/D-65748.pdf>
- Alcívar, B. (2014). *Evaluación varios fungicidas y un entomopatógeno para el control de sigatoka negra mycosphaerella fijiensis en banano orgánico* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/4706/1/CD0007-Maestr%C3%adaAlcivar.pdf>
- Caicedo, E. (2015). *Fungicidas orgánicos para el control de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella finjiensis), en el cultivo de banano (Musa AAA) Valencia-Los Ríos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo] Repositorio Digital. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/325/1/T-UTEQ-0016.pdf>

Galarza, J. (2021). *Evaluación de fungicidas para el control de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en el cultivo de banano* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GALARZA%20VERA%20JONATHAN%20JORDANO.pdf>

Google Maps. (2022). 3°32'45.0"S 80°03'48.8"W [Mapa]. 1:50.000. <https://www.google.com/maps/place/3%C2%B032'45.0%22S+80%C2%B003'48.8%22W/@-3.5458288,-80.0653961,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x584097de8190a705!8m2!3d-3.5458333!4d-80.0635556>

Infante, C. (2017). *Efecto de la aplicación de fungicidas sistémicos y protectantes en el control de sigatoka negra en cuatro fincas bananeras* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio digital. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10521/1/DE00002_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf

Marín, D. (2018). *Instructivo para la evaluación de incidencia y severidad de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis morelet)*. https://ditisa.net/files/5ffdcdd14f1f74_Anexo%204.2-1_Instructivo%20para%20la%20evaluaci%F3n%20de%20Incidencia%20y%20Severidad%20de%20la%20Sigatoka%20negra.pdf

Mogollón, A. y Castaño, J. (2012). Evaluación in vitro de Inductores de Resistencia sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 65(1), 6327-6336. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n1/v65n1a04.pdf>

Noles, A. (2020). *Evaluación de productos orgánicos sobre Sigatoka Negra Mycosphaerella fijiensis en la zona Arenillas, provincia El Oro* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50321/1/Noles%20Rugel%20Andrea%20Madelayne.pdf>

Peláez, J., Vásquez, L., Díaz, T., Castañeda, D., Rodríguez, E. y Arango, R. (2006). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 59(2), 3425-3433. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n2/a02v59n2.pdf>

Quintero, A., Álvarez, E. y Castaño, J. (2011). Evaluación de Resistencia de Genotipos de Plátano y Banano a la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 64(1), 5853-5865. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a11v64n01.pdf>

Rodríguez-Gaviria, P. y Cayón, G. (2008). Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 256-265. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n2/v26n2a10.pdf>

Salazar, L., Patiño, L. y Bustamante, E. (2006). Sustratos foliares para el incremento de bacterias quitinolíticas y gluconolíticas en la filosfera de banano. *Rev. Fac. NaI. Agr. Medellín*, 59(2), 3449-3465. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n2/a04v59n2.pdf>

Serrano, L., Sisalima, M., Velásquez, N. y Pineda, Y. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(2), 38-46. https://pdfs.semanticscholar.org/0779/b9062bba93b0ebab96c38dd2a95e0de23973.pdf?_ga=2.20128056.1243298919.1659333194-1622979109.1659333194

Torrado-Jaime, M. y Castaño-Zapata, J. (2008). Incidencia y severidad de las sigatokas negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y amarilla (*Mycosphaerella musicola* Leach et Mulder) del plátano según los estados fenológicos. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 435-442. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n3/v26n3a08.pdf>

Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W., y Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico *Musa acuminata* en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57-66. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n4/1390-6542-enfoqueute-10-04-00057.pdf>

Villanueva, V., Correa, C. y Bonisoli, L. (2020). Introducción de marca de banano orgánico en el mercado ecuatoriano. *INNOVA Research Journal*, 5(1), 166-183. <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/1150/1662>

Zuluaga, C., Patiño, L. y Collazos, J. (2007). Integración de inducción de resistencia con bacterias Quitinolíticas en el control de la sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis* morelet morelet morelet) en banano. *Rev. Fac. NaI. Agr. Medellín*, 60(2), 3891-3905. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v60n2/a04v60n2.pdf>

Anexos.

Foto 1. Plantación en investigación. (Autor)



Foto 2. Lote del primer tratamiento. (Autor)



Foto 3. Visualización de estadios 1, 2 y 3. (Autor)



Foto 4. Visualización de hasta 4 estadios. (Autor)



Foto 5. Inspección de hojas con sintomatología. (Autor)



06

Recibido: septiembre, 2022 Aprobado: octubre, 2022 Publicado: diciembre, 2022

MORFOLOGÍA FLORAL EN 20 ÁRBOLES DE LA COLECCIÓN DE CACAO DE LA UTMACH

FLORAL MORPHOLOGY IN 20 TREES FROM THE COCOA UTMACH COLLECTION

Karen Antonieta Feijoo Jaramillo¹

E-mail: kfeijoo4@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1421-1779>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Ivanna Gabriela Tuz Guncay¹

E-mail: ituz@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0085-3495>

¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Feijoo Jaramillo, K. A., Quevedo Guerrero, J. N., Tuz Guncay, I. (2022). Morfología floral en 20 árboles élite de la colección de Cacao de la Utmach. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 58-64. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao*) es originario de la selva amazónica ecuatoriana, en Ecuador hay 3 grupos de genotipos conocidos; criollos, forasteros y trinitarios, siendo los más importantes los criollos por su calidad de exportación. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la morfología de las flores de cacao en 20 árboles élite de la colección de la UTMACH. Fueron seleccionados 20 árboles de los cuales se escogieron 5 flores de cada uno para observar la estructura floral y el polen de cada antera con el uso de un microscopio binocular, las variables analizadas fueron: diámetro y área del grano del polen, largo, ancho y color del pedicelo, largo, ancho y color del sépalo, largo del pétalo, largo, ancho y color del estaminoide, largo y ancho del estambre, largo y ancho del ovario. Los resultados obtenidos indican que la mayor varianza se distribuye a cinco descriptores: AncE, Csep, AO, Lpet, Lest, el dendrograma y análisis de dispersión. Se concluye que basados en la morfología floral se han formado seis grupos definidos conforme a los cinco descriptores que explican el 80,05% de la varianza ya que los otros nueve descriptores no presentan significancia.

Palabras clave:

Genotipo, incompatibilidad, biología floral, calidad del polen.

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao*) is native to the Ecuadorian Amazon rainforest. In Ecuador, there are 3 groups of known genotypes; Creoles, foreigners and Trinitarians. The most important are the Creoles for their export quality. The objective of this research was to characterize the morphology of cocoa flowers in 20 elite trees from the UTMACH collection. The trees were selected from which 5 flowers were chosen from each one to observe the floral structure and pollen of each anther with the use of a binocular microscope, the variables analyzed were: diameter and area of the pollen grain, length, width and color of the pedicel, length, width and color of the sepal, length of the petal, length, width and color of the staminoid, length and width of the stamen, length and width of the ovary. The results obtained indicate that the greatest variance is distributed to five descriptors: AncE, Csep, AO, Lpet, Lest, dendrogram and dispersion analysis. It is concluded that based on the floral morphology have formed six groups defined according to the five descriptors that explain 80.05% of the variance since the other nine descriptors do not present significance.

Keywords:

Genotype, incompatibility, floral biology, pollen quality

INTRODUCCIÓN

El Cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Malvaceae es originario de la Selva Amazónica del Ecuador, en varias investigaciones realizadas recientemente se descubrió que el cacao era consumido por la cultura Mayo-Chinchipec-Marañon que data de hace 5500 años.

Desde mediados del siglo XIX, el cacao se consolidó como el principal producto de exportación, siendo la economía ecuatoriana favorecida por este cultivo, durante los años comprendidos entre 1880 – 1915, llegó a ser conocido como “La pepa de oro”. A partir de 1890 se dio el “Boom cacaotero” produciendo cerca de 587 626 quintales llegando a su fin en 1924 ocupando el segundo lugar en exportaciones (ANECACAO, 2015).

Según el Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2021) en la actualidad el cacao sigue siendo una importante fuente de ingresos ya que en 2020 se reportó USD 815.5 millones entre enero a mayo de 2021 eran USD 226.4 millones. La gran demanda de aproximadamente 4 millones de toneladas del grano de cacao a nivel mundial se debe a su uso en la industria chocolatera, la producción de manteca de cacao y el cacao en polvo, el mayor proveedor es África con el 74% de la producción, América 16% y Asia/Oceanía con 10% (Pipitone, 2016; Wickramasuriya & Dunwell, 2018; Rincón *et al.*, 2021).

ANECACAO (2019) menciona en su boletín mensual que el cacao se exporta a países como: Indonesia 59.678 TM, USA 53.909 TM, Malasia 48.460 TM, Holanda 36.850 TM; México 23.892 TM; Alemania 15.923 TM; China 15.058 TM; Bélgica 10.340 TM; Canadá 8.453 TM y Japón 8.265 TM.

En Ecuador existe una gran variabilidad genética distribuida en 3 grandes grupos como son: Criollos, Forasteros amazónicos y Trinitarios, su distribución en el territorio nacional se concentra en las provincias de Guayas, Los Ríos, Cañar, Manabí, Esmeraldas y El Oro (Quevedo *et al.*, 2020).

La biología reproductiva del cacao es compleja, su fórmula floral es $K_5 C_5 A_{(5+5)} G_{(5)}$ las flores son caulinares, su desarrollo se realiza a partir de los cojinetes florales, posee 5 estambres funcionales externos y 5 estambres no funcionales internos conocidos como estaminoides (Swanson *et al.*, 2008; Ha *et al.*, 2016; Rincón *et al.*, 2021). El gineceo está formado por un ovario súpero de cinco carpelos y cinco lóculos, la placentación es axilar y el número de óvulos varía (Santos, Pires & Correa, 2012).

La incompatibilidad del polen es un problema observado en los cacaos de tipo nacional (Cope, 1962) esta condición reduce la formación de frutos en las plantas que la padecen, el cacao nacional conocido por su excelente aroma pero baja productividad, *T. cacao* pertenece al grupo de plantas con flores en las que se sabe que la reacción de incompatibilidad es determinada esporófiticamente, las constituciones diploides de ambos progenitores los cuales participan en la determinación de la

compatibilidad o incompatibilidad de una polinización cruzada (Akoa *et al.*, 2021 y Rincón *et al.*, 2021).

El conocimiento de la morfología de la flor de los árboles élite es de importancia ya que permite identificar caracteres cuantitativos o cualitativos discriminantes para establecer la diversidad existente en poblaciones, detectar problemas de incompatibilidad, entre otros, que pueden incidir en el porcentaje de fructificación de forma positiva o negativa. El estudio de la morfología floral es parte fundamental para comprender la biología floral de la especie y desarrollar nuevos genotipos a través del mejoramiento vegetal.

El cacao produce entre 26 000 y 44 000 granos de polen por flor, variando entre genotipos, una cantidad que está en el rango de *Salmalia malabárica* Sch. y Endl, especie que produce aproximadamente 42 000 granos de polen por flor, la cantidad del polen producido en es una característica determinada genéticamente por lo que el cacao nacional tiene un menor flujo de polen (Mena *et al.*, 2020).

El objetivo de esta investigación fue caracterizar la morfología de la flor de cacao en 20 árboles élite de la colección de la UTMACH.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el área de cacao de la Granja Experimental “Santa Inés” (Figura 1) y en el laboratorio de Sanidad Vegetal. Los dos escenarios están ubicados en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, en el Cantón Machala, Provincia del Oro-Ecuador. Según el sistema de Holdridge (1987) esta zona se caracteriza por poseer un clima tropical seco siendo clasificado como un bosque seco tropical, presenta una temperatura entre 22 y 31°C, humedad relativa media anual de 91% y una precipitación anual de 905 mm (INAMHI, 2017)

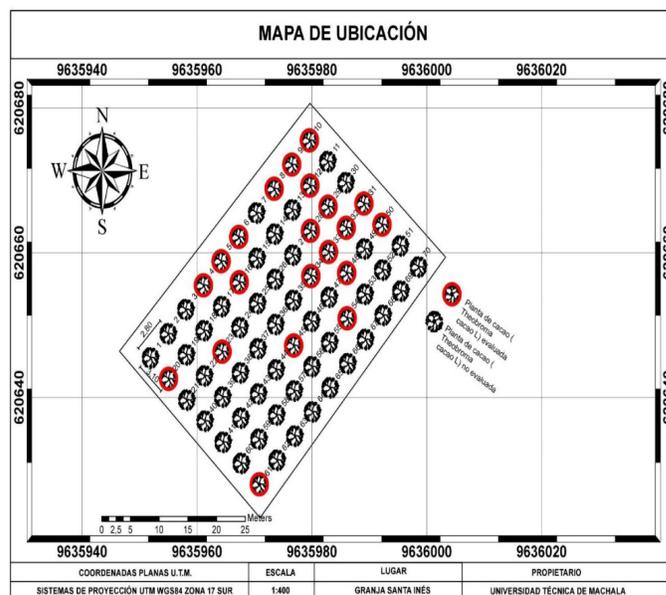


Figura 1. Croquis del diseño experimental, las plantas evaluadas son de marrón

Material vegetal, fueron seleccionados 20 árboles de cacao en la Granja "Santa Inés", entre las características de selección se consideraron plantas de mayor vigor, con mayor área foliar y con una buena cantidad de flores para poder escoger las más maduras previa antesis.

Metodología de selección floral, inició con la observación de los botones florales más hinchados porque son estos los que están próximos a abrirse, se tomaron cinco flores por árbol. Los botones florales fueron seleccionados diariamente el día anterior en un horario comprendido entre las 16:00 y 18:00.

Durante la mañana del día siguiente se extrajeron con una pinza y se depositaron en una caja, luego se guardaron en la nevera para evitar su marchitez, además evitar que el polen no se vea afectado por el calor del ambiente.

Metodología de evaluación de estructuras florales, se seleccionaron 20 flores de cacao, cada una de las estructuras fueron extraídas con una pinza y se colocaron en el portaobjeto, en el que previamente se había colocado una fracción de hoja milimetrada para poder determinar el largo, ancho y color de cada una de las estructuras florales como son: pedicelo, estambre, estaminoide, ovario y pétalo siguiendo la guía de INIAP (1994).

Para observar el largo y ancho del sépalo se procedió a colocar un cubreobjeto sobre el mismo ya que esta estructura presenta una curvatura. Las imágenes fueron tomadas con una cámara de resolución de 13 megapíxeles.

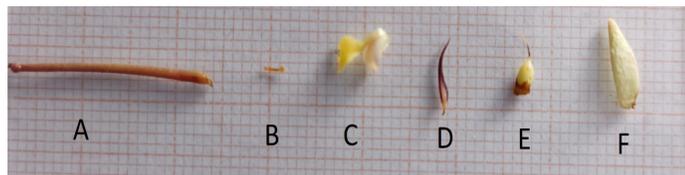


Figura 2. Estructura floral. A: pedicelo (Pdc); B: estambre (E); C: pétalo (P); D: estaminoide (Est); E: Ovario (O); F: Sépalo (Sep)

Metodología para medir el grano de polen, se retiró el pétalo de cada una de las anteras, fueron colocados en el portaobjeto y con una aguja fina se golpeó ligeramente en el mismo, se aplicó una gota de agua destilada con una piseta y se tapó con el cubre objeto.

La observación se realizó en un microscopio binocular Euromex con el objetivo de 40x, las mediciones y capturas de imagen se realizaron usando una cámara CMEX-18PRO de 18 MP conectada a la computadora portátil por medio del software AmScope 2.0.

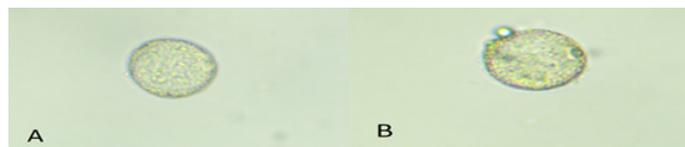


Figura 3. polen observado al microscopio. A) polen viable; B) polen no viable

Procesamiento estadístico: Para realizar el PCA (Análisis de componentes principales) se procedió a obtener los valores de los Estadísticos descriptivos con el software IBM SPSS Statistics, para lo cual se estandarizaron los valores con las mismas unidades de medida, además se excluyeron las variables: color del estaminoide y ancho del pedicelo porque sus resultados no mostraron variación (Berlanga-Silvente *et al.*, 2014).

Variables evaluadas, se evaluaron las siguientes variables: color del pedicelo (CPd), largo del pedicelo (Lpdc), ancho del pedicelo sin presentación significativa, largo del sépalo (Lsep), ancho del sépalo (Asep), largo del pétalo (Lpet), largo del estaminoide (Lest), ancho de estaminoide (Aest), largo de estambre (LarE), ancho de estambre (AncE), Largo de ovario (OL), ancho de ovario (AO), diámetro del grano (DPI_n), área del grano (Apl_n). Todas las variables evaluadas se expresaron en milímetros (mm)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 nos muestra los porcentajes de información explicable del análisis factorial estandarizado (variables estudiadas)

Tabla 1. Porcentaje de información explicable del análisis factorial estandarizado

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
CPd	20	,20	1,00	,6100	,21981
Lpdc	20	15,00	20,80	17,5670	1,79176
Lsep	20	7,60	9,26	8,3490	,55344
Asep	20	1,96	2,58	2,3030	,13476
Lpet	20	,20	,80	,3400	,18468
Lest	20	5,20	7,54	5,9920	,49852
Aest	20	5,20	6,80	5,8950	,47727
LarE	20	,26	,64	,3420	,09987
AncE	20	1,80	2,46	2,1290	,17764
OL	20	,20	,80	,2400	,13471
OA	20	3,60	5,20	4,4580	,44928
DPI _n	20	1,12	1,24	1,1970	,02364
Apl _n	20	,02580	,02930	,0268000	,00091249
N válido (por lista)	20	,00050	,00060	,0005150	,00003663

A partir de la reducción de datos por medio del análisis factorial se extraen los componentes principales por el método de Varimax obteniendo como resultados más relevantes las comunales (tabla 2), este análisis muestra las correlaciones existentes, permite determinar que la mayor acumulación de la varianza en 14 variables (Quevedo *et al.*, 2020)

Tabla 2. Análisis factorial

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Puntuación Z(CPdc)	1,000	,808
Puntuación Z(Lpdc)	1,000	,800
Puntuación Z(Lsep)	1,000	,778
Puntuación Z(Asep)	1,000	,704
Puntuación Z(Csep)	1,000	,876
Puntuación Z(Lpet)	1,000	,849
Puntuación Z(Lest)	1,000	,823
Puntuación Z(Aest)	1,000	,788
Puntuación Z(LarE)	1,000	,660
Puntuación Z(AncE)	1,000	,903
Puntuación Z(OL)	1,000	,806
Puntuación Z(OA)	1,000	,858
Puntuación Z(DPlm)	1,000	,792
Puntuación Z(Apln)	1,000	,760
Método de extracción: análisis de componentes principales		

Tabla 3. Varianza total explicada

Componente	Total	Autovalores iniciales		Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
		% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,371	24,080	24,080	3,371	24,080	24,080	2,930	20,930	20,930
2	3,083	22,019	46,099	3,083	22,019	46,099	2,571	18,364	39,294
3	2,002	14,302	60,401	2,002	14,302	60,401	2,387	17,050	56,344
4	1,628	11,629	72,030	1,628	11,629	72,030	1,775	12,677	69,022
5	1,121	8,005	80,035	1,121	8,005	80,035	1,542	11,013	80,035

Método de extracción: análisis de componentes principales

Conocer los descriptores más discriminantes, nos permite realizar una presentación gráfica de la diversidad existente entre las flores, los componentes rotados (Figura 3) muestran la distribución espacial e identifica los grupos de variables, sintetiza datos y los relaciona entre sí, la mayor diversidad morfológica está agrupada en cinco variables. Al estandarizar los valores en una sola unidad para cada una de las 14 variables, logramos proyectar los datos sobre tres componentes ubicados en los ejes principales, y observamos su dispersión (Figura 4). Pocos autores avalaron el estudio de la biología floral INIAP (1994)

El PCA permite determinar la mayor acumulación de la varianza en 14 variables, se observa que las más discriminantes son: ancho de estambre Z(AncE) con 0,903; Z(Csep) con 0,876; Z(OA) con 0,858; Z(Lpet) con 0,849 y Z(Lest) con 0,823 mientras que las demás variables de bajos valores no son discriminantes.

En la tabla 3 se observa el porcentaje de varianza acumulada que representa el 80.035% con los 5 componentes, lo cual es suficiente para la agrupación de caracteres facilitando su comprensión, hay que considerar que para dicha interpretación es necesaria la selección de componentes principales que explican como un mínimo el 70% de la variabilidad Cliff, N. (1987)

Los componentes representan: el componente 1 para el ancho de estambre 24,08 %, el componente 2 para el color del sépalo 22,019 %, componente 3 para ancho de ovario 14,30 %, componente 4 para largo del pétalo 11,629% y el componente 5 para el largo del estaminoide 8,005 %, mientras que las demás variables no influyen significativamente en los valores, el grano de polen no ha generado varianza, los granos observados eran muy homogéneos (Rincón, et al. 2021).

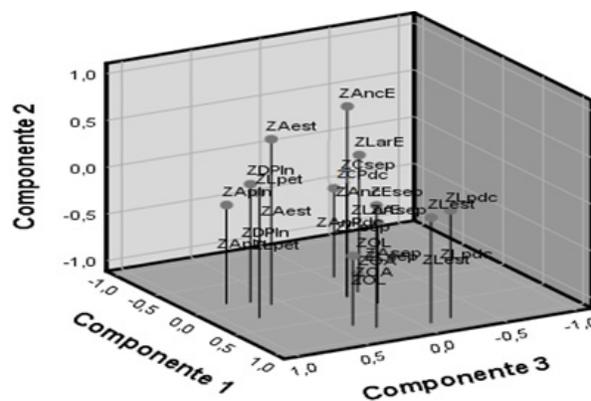


Figura 4. Distribución de los descriptores sobre los componentes principales

Análisis de conglomerados

Para establecer diferencia significativa entre los descriptores, se emplea un dendrograma que denota las distancias de similitud (figura 5), las características de las flores fueron los descriptores que permitieron separar individuos con mayor exactitud, se presenta el dendrograma de acuerdo a las características de los árboles estudiados agrupando las diferentes accesiones por los promedios de los descriptores usados, de esta manera se da paso a la formación de 6 grupos definidos según su

homogeneidad de acuerdo a los cinco descriptores que explican el 80,035 % de la varianza.

El grupo uno está conformado por las accesiones FCA13, FCA16, FCA15; el grupo dos FCA02, FCA19, FCA05, FCA10, FCA12, FCA14, FCA11; el grupo tres agrupa las accesiones FCA07; FCA09; FCA06; FCA08; FCA04; el grupo 4 está conformado por FCA18, FCA20, FCA17; el grupo 5 tiene la accesión FCA01 y finalmente el grupo 6 está con el árbol FCA03.

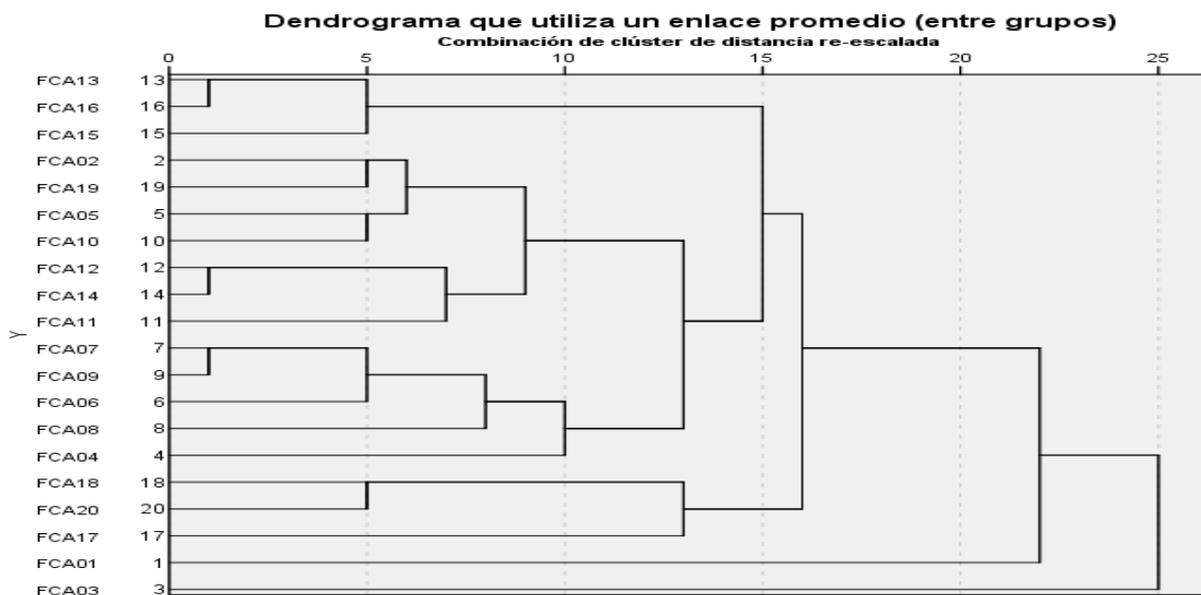


Figura 5. Dendrograma de enlace promedio

Según el análisis de dispersión (Figura 6) se observa la misma tendencia dada por el análisis de componentes principales donde las accesiones FCA03 y FCA01 se alejan de las demás haciéndolas más heterogéneas de acuerdo a los cinco componentes que forman parte de la varianza.

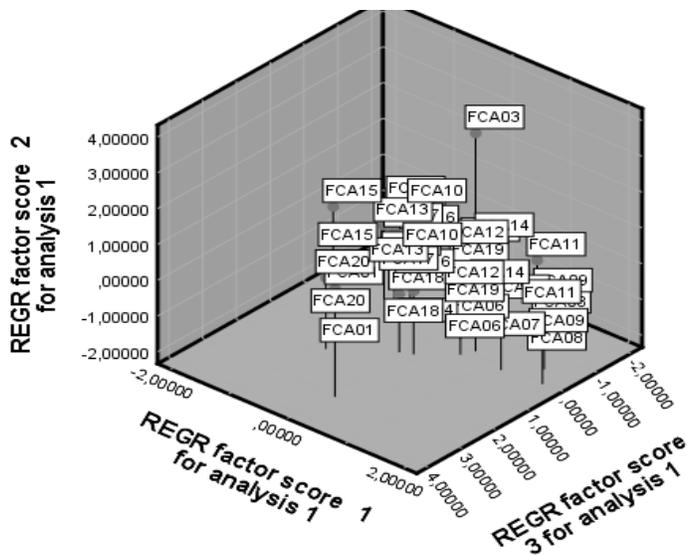


Figura 6. Análisis de dispersión de 20 árboles elite

CONCLUSIONES

Los resultados de la morfología del cacao presentaron características fenotípicas de la estructura floral, que tuvo significancia con los descriptores en las variables ancho de estambre, color de sépalo, ancho de ovario, largo de pétalo, largo de estambre y se agruparon según la similitud. Las flores de los árboles 1 y 3 presentaron diferencias significativas debido a la heterogeneidad en las variables antes mencionadas, lo que demuestra que el estudio de la diversidad estructural de las flores es importante para comprender su biología y mejorar la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANECACAO. (2015). Los 'booms' en perspectiva: cacao y banano del Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/fr/noticias/los-booms-en-perspectiva-cacao-y-banano-del-ecuador.html#:~:text=Sin%20embargo%2C%20la%20de-C3%A9cada%20de,%2C%25%20durante%20dicho%20periodo>.
- ANECACAO. (2019). Estadísticas de exportación. Boletín mensual de ANECACAO. <https://anecacao.com/index2022.html>
- Akoa, S. P., Onomo, P. E., Ndjaga, J. M., Ondobo, M. L., & Djocgoue, P. F. (2021). Impact of pollen genetic origin on compatibility, agronomic traits, and physicochemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Scientia Horticulturae*, 287, 110278. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110278>
- Cliff, N. (1987). Analyzing multivariate data. Harcourt Brace Jovanovich.
- Cope, F. W. (1962). The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* L. *Heredity*, 17(2), 157-182. <https://www.nature.com/articles/hdy196214.pdf?origin=ppub>
- Ha, L.T.V., Hang, P.T., Everaert, H., Rottiers, H., Anh, L.P.T., Dung, T.N., Messens, K. (2016). Characterization of leaf, flower, and pod morphology among Vietnamese cocoa varieties (*Theobroma cacao* L.). *Pakistan Journal Botany*, 48(6), 2375-2383 [https://pakbs.org/pjbot/PDFs/48\(6\)/23.pdf](https://pakbs.org/pjbot/PDFs/48(6)/23.pdf)
- Holdridge, L. R. (1987). Ecología basada en zonas de vida (No. 83). Agroamérica.
- INAMHI. 2017. Anuario meteorológico N° 53-2013. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- INIAP. (1994). Caracterización fenotípica del cacao nacional de Ecuador. Boletín técnico N° 74. Estación experimental tropical "PICHILINGUE" <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1579/1/Bolet%c3%a9cnico%20n%20ba%2074.pdf>
- Mena-Montoya, M., García-Cruzatty, L. C., Cuenca-Cuenca, E., Vera Pinargote, L. D., Villamar-Torres, R., & Jazayeri, S. M. (2020). Pollen flow of *Theobroma cacao* and its relationship with climatic factors in the central zone of the Ecuadorian littoral. *Bioagro*, 32(1). <https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=d945ddea-c156-4241-aa2f-529aacb4b-d46%40redis>
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (2021). Inicié Aromas del Ecuador – Edición Cacao, vitrina internacional con compradores de tres continentes <https://www.produccion.gob.ec/se-inicio-aromas-del-ecuador-edicion-cacao-vitrina-internacional-con-compradores-de-tres-continentes/#:~:text=El%20sector%20cacaotero%20ecuatoriano%20export%C3%B3,marco%20Aromas%20del%20Ecuador%20%E2%80%93%20Edici%C3%B3n>
- Pipitone, L. (2016). Overview of cocoa supply and demand. In International Cocoa Organization (ICCO). *ICCO Cocoa Market Outlook Conference September*. England: International Cocoa Organization (ICCO). <https://www.icco.org/wp-content/uploads/2019/07/01-Laurent-Pipitone-1.pdf>
- Quevedo Guerrero, J. N., Ramírez Villalobos, M., Zhiminai-cela Cabrera, J., Noles León, M. J., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de *Theobroma cacao* L. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 14-21. https://www.researchgate.net/publication/348019101_Diversidad_morfoagronomica_caracterizacion_de_650_arboles_de_Theobroma_cacao_L
- Santos, R.C., Pires, J.L., & Correa, R.X. (2012). Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(3), 327-345. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-011-9685-6>
- Swanson, J.D., Carlson, J.E., & Gultinan, M.J. (2008). Comparative flower development in *Theobroma cacao* based on temporal morphological indicators. *International Journal of Plant Sciences*, 169(9), 1187-1199. DOI: <https://doi.org/10.1086/591986>

- Rincón-Barón, E. J., Zarate, D. A., Agudelo-Castañeda, G. A., Cuarán, V. L., & Passarelli, L. M. (2021). Micromorphology and ultrastructure of anthers and pollen grains in ten elite genotypes of *Theobroma cacao* (Malvaceae). *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 403-421. DOI 10.15517/rbt.v69i2.44711
- Wickramasuriya, A.M., & Dunwell, J.M. (2018). Cacao biotechnology: current status and future prospects. *Plant Biotechnology Journal*, 16(1), 4-17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28985014/>

07

Recibido: septiembre, 2022 Aprobado: octubre, 2022 Publicado: diciembre, 2022

MULCH ORGÁNICO: APLICACIÓN Y EFECTO EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca*, L.)

ORGANIC MULCH: APPLICATION AND EFFECT ON BANANA CROP (*Musa paradisiaca*, L.)

Fanny Thalia Camacho Cueva

E-mail: fcamacho2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1892-1564>

José Nicasio Quevedo Guerrero

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel Garcia Batista

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala El Oro Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Camacho Cueva, F. T., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. (2022). Mulch Orgánico: aplicación y efecto en el cultivo de Banano (*musa paradisiaca*, l.) Revista Científica Agroecosistemas, 10(3), 65-71. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El banano (*Musa sp*) es un cultivo de gran relevancia socioeconómica para el Ecuador. Las coberturas o mulch orgánico constituyen una práctica que puede promover cultivos más productivos, de mejor calidad y con menor impacto ambiental. El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de la aplicación de mulch orgánico en el rendimiento y parámetros agronómicos en el cultivo de banano. El diseño experimental fue de bloques al azar con dos tratamientos, T0 (sin mulch) y T1 (con mulch) con 140 repeticiones respectivamente. En los parámetros agronómicos se mostró que la altura de la planta, largo de hojas, ancho de hojas y área foliar en el tratamiento sin mulch muestran mayor crecimiento. Sin embargo, el tratamiento con mulch se obtuvo mayor emisión foliar y número de hojas. Se encontró significancia en el tiempo de cosecha, peso del racimo, peso mano del sol, altura del hijo y no presencia de años de trips. El efecto del mulch hizo que el tiempo de cosecha sea superior en el tratamiento T1, pero mejora el peso y sanidad de los racimos cosechados.

Palabras clave:

Banano, Mulch orgánico, agronómicos, rendimiento, cosecha

ABSTRACT

Banana (*Musa sp*) is a crop of great socioeconomic relevance for Ecuador. Organic mulching is a practice that can promote more productive, better-quality crops with less environmental impact. The objective of this work was to evaluate the effects of the application of organic mulch on yield and agronomic parameters in banana crops. The experimental design was a randomized block design with two treatments, T0 (without mulch) and T1 (with mulch) with 140 replicates, respectively. The agronomic parameters showed that plant height, leaf length, leaf width and leaf area in the treatment without mulch showed higher growth. However, the treatment with mulch showed higher leaf emission and leaf number. Significance was found in harvest time, bunch weight, sun hand weight, son height and no presence of thrips years. The effect of mulching resulted in a longer harvest time in the T1 treatment, but improved the weight and health of the harvested bunches.

Key words:

Banana, organic mulch, agronomic, yield, harvest.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa sp*, L.) es uno de los frutos tropicales de mayor consumo a nivel mundial, y es un importante aporte nutricional de potasio, vitaminas C y B6 (Aguilar et al., 2021). Este crece en todas las regiones tropicales, tiene gran relevancia socioeconómica en al menos 80 países, y buena parte del cultivo lo llevan a cabo pequeños productores (Scribano et al., 2018). En América Latina y el Caribe constituye el cultivo más extenso y con mayor rentabilidad, y el Ecuador es el país que tiene la mayor producción a nivel mundial (Zhiminaicela et al., 2020)

La mayoría de los cultivos de banano utilizan fertilización inorgánica; son exigentes en presencia de potasio, nutriente esencial para su desarrollo, además de nitrógeno, calcio, magnesio y fósforo (Villaseñor et al., 2020) entre ellos el potasio (K). No obstante, el uso inadecuado de la fertilización inorgánica puede generar perjuicios, como la acidificación del suelo, aumento de nitratos, entre otras (Ortega et al., 2019). Por ello, como Naranjo et al., (2021) plantean, su manejo debe ser adecuado en función de las características del suelo.

Como alternativa a este tipo de programa de fertilización, existen otros métodos como el ciclaje de nutrientes, el uso de abono verde, las coberturas, la integración de microorganismos para biofertilizar, entre otros, (Ortega et al., 2019). Se ha visto en algunos estudios que el mejor desempeño del cultivo se consigue con abono orgánico, (Burgo & Gaitán, 2021; Galecio et al., 2020).

Los cultivos de banano suelen requerir suelos de tipo franco o francoarenosos, (Santacruz & Santacruz, 2020), y su salud requiere de una de un alto nivel de evapotranspiración regular, con riesgos en torno a 1.418 mm al año. Estos cultivos son altamente demandantes de nutrientes; se estima que en torno al 16 % de los costos de producción corresponden a fertilización, (Ortega et al., 2019). Como Naranjo et al., (2021) plantean, los suelos arcillosos tienden a la compactación, de modo que reducen el oxígeno y, en consecuencia, disminuyen la producción.

La cobertura vegetal permite oxigenar los suelos en mayor medida e incrementa la biodiversidad del mismo, además de ser una fuente adicional de materia orgánica. (Naranjo et al., 2021). El mulch corresponde a la cobertura del suelo de los cultivos con materiales orgánicos que promueve la preservación de la humedad, controla la aparición de maleza, mantiene regulada la temperatura del suelo y favorece a su productividad, (Frutos et al., 2016). Está conformado por desechos de cereales o leguminosas, que contribuyen en la disminución de la lixiviación y el enriquecimiento del suelo fijando nitrógeno biológicamente, respectivamente, (Frutos et al., 2016; La Manna et al., 2007; Naranjo et al., 2021).

Es preciso desarrollar investigaciones que aporten mayores evidencias en torno a las mejores prácticas agrícolas, que pueda mejorar la productividad de manera sustentable. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de mulch orgánico en el rendimiento y los parámetros agronómicos en el cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lugar donde se desarrolló la investigación fue una plantilla de banano ubicada en los predios de la granja “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) en la parroquia el Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro y georreferenciado como 3°17'30" S; 79°54'51" W. Según el GAD Municipal de Machala (2016) la temperatura promedio de 25°C con una precipitación anual entre 250 – 1000 mm. El clima es tropical megatérmico seco y semiárido.

Material vegetal: Se utilizó una plantilla de banano cultivar Gran Nane de 4 meses de sembrada, cada tratamiento se aplicó en 10 hileras (14 plantas/hilera) dando un total de 140 plantas por tratamiento.

Diseño experimental: La presente investigación se desarrolló durante los meses de octubre del 2021 hasta el mes de junio de 2022. El estudio corresponde a un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos, T0 y T1. Los tratamientos se señalan en la tabla 1.

Tabla 1 Tratamientos estudiados

Tratamiento	Descripción
T1	C-mulch (con mulch)
T0 (testigo)	S-mulch (sin mulch)

El mulch de origen vegetal se colocó en el suelo alrededor de la planta de banano, con el suelo a capacidad de campo. Para la fertilización edáfica se utilizó Nitrato de Amonio y Nitrato de Potasio, más microorganismos benéficos cultivados en harinas de arroz, hojas secas, y harina de banano. Las actividades de manejo realizadas en el experimento se muestran en la Figura 1 (A, B).



A Suelo sin mulch



B Aplicación de mulch en suelo

Figura 1. Proceso de la investigación

VARIABLES DE ESTUDIO: Las variables identificadas son parámetros agronómicos tales como: altura de la planta, emisión foliar, largo y ancho de la hoja, número de hojas y área

Foliar en cm² o m², y las variables de rendimiento: tiempo de cosecha (DACos), peso en libras (PRLbs), manos del sol grados (GMSol), primera mano grados (G1Ma), número de manos (Nman), número de dedos mano del sol (NDMs), presencia de cochinillas *Dactylopius coccus* (Cochi), trips *Thysanoptera*, peso del raquis en libras (PRAqLb), peso mano del sol en libras (PMSLb), largo dedo mano del sol cm (LDMs), largo dedo primera mano cm (LD1M) y altura del hijo cm (Ahij). Parámetros agronómicos: corresponden a las características del fruto cosechado y que dan cuenta de su calidad. Se identificaron las siguientes variables (Burgo & Gaitán, 2021), determinadas mediante la observación directa con uso de calibradores y balanza o bascula romana (Ortega et al., 2019). Parámetros de cosecha: corresponden al peso medio de los racimos obtenidos para cada tratamiento y la cantidad de plantas por ha (Galecio et al., 2020). Los resultados obtenidos en cada variable de los parámetros establecidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) entre todas las variables, previamente se aplicó la normalidad de los datos (sig.>0,05) (Galecio et al., 2020; Villaseñor

et al., 2020) humus de lombriz y bocashi. En el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza muestra que la altura de la planta en el tratamiento sin mulch (T0) presenta una media de 172,96 cm y diferencia de 6,277 cm. Mientras que en el tratamiento con mulch (T1) muestra 168,27 cm con una diferencia de 6,489 cm. La emisión foliar en T0 tuvo un promedio de 0,87 con mayor crecimiento en la semana 5, pero en T1 se muestra una media de 0,91 y mayor prevalencia en la semana 4.

El largo de la hoja (T0) evidencia una media de 159,81 cm y en T1 se tiene 151,18 cm. El ancho de la hoja (T0) muestra una media de 73,29 cm y en T1 se tiene 71,04 cm con mayor crecimiento en la semana 10. El número de hojas (T0) evidencia un promedio de 11,21 y en T1 se tiene 11,43. El área foliar (T0) tiene una media de 7,34 m² y en T1 con 6,95 m² (Figura 2). Aunque el T1 tarda más días a la cosecha se obtiene mayor cantidad de peso en libras, esto se comprueba en los parámetros de cosecha.

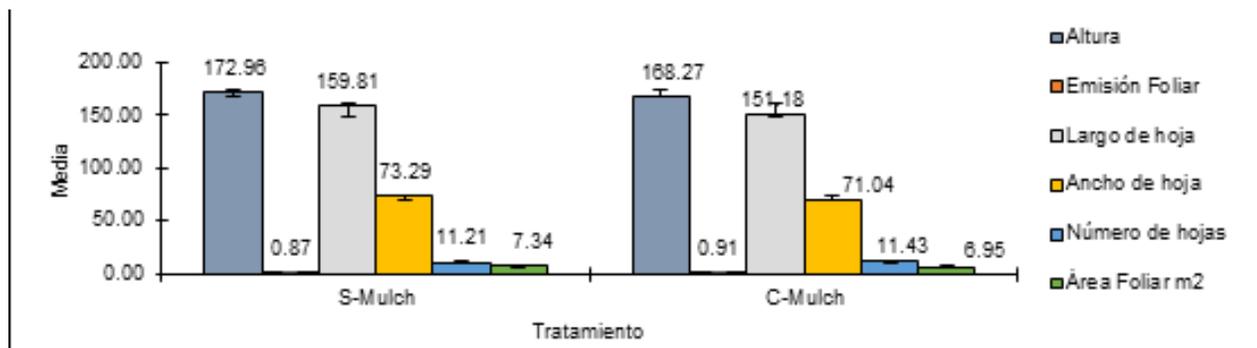


Figura 2. Parámetros Agronómicos

En los parámetros agronómicos se identificó que la altura de la planta, largo – ancho de hojas y área foliar (m²) en el tratamiento sin mulch muestran mayor crecimiento que el tratamiento con mulch. Pero hay que resaltar que en el segundo tratamiento con mulch se presentó mayor emisión foliar y número de hojas en la planta de banano. Similares resultados se evidenciaron en la investigación presentada por Ramos et al., (2016) debido que se presentó un

desarrollo adecuado de la planta, pues, se obtuvo entre 12 a 13 hojas cuando se utiliza tratamientos de mulch o enriquecido con bocashi.

Frutos et al., (2016) manifiesta que, durante el crecimiento, un adecuado desarrollo vegetativo se debe al incremento de la temperatura de manera lenta bajo el mulch. Sin embargo, el menor crecimiento posiblemente sea por que se presentó alelopatía.

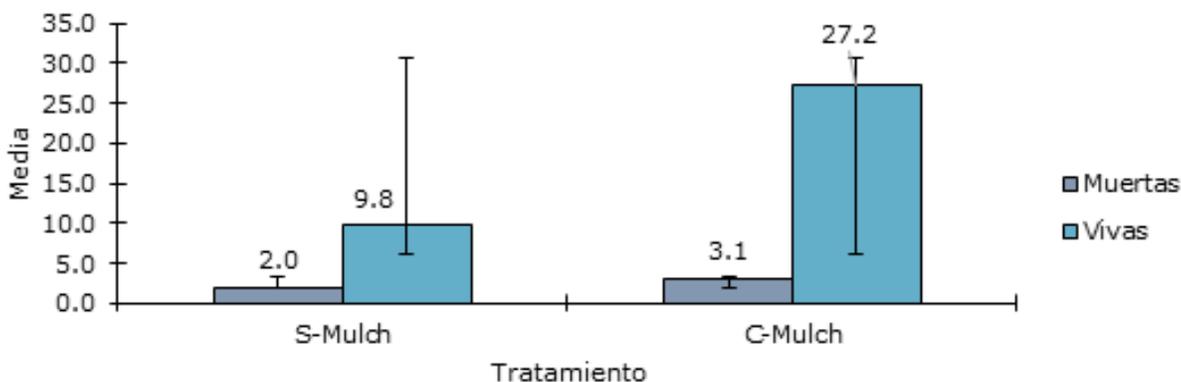


Figura 3. Parámetros agronómicos – raíces

En las raíces (Figura 3) se observa que en el tratamiento sin mulch se tiene 9,8 g de raíz viva, con un mínimo de 6,3 g y máximo de 11g. Además, en raíz muerta se obtuvo 2 con un mínimo de 1,3 g y máximo de 3 g. Mientras que con mulch se ubica en 27,2 g de raíz viva con un mínimo de 24,7 g y máximo de 31,3 g. No obstante, se obtuvo 3,1 g de raíz muerta con un mínimo de 2,3 g y máximo de 3,7 g. En este caso se evidencia (Figura 4 A-B) que sin mulch se tuvo un total de 11,8 g con 83% de raíces vivas, pero en el tratamiento con mulch se obtuvo 30,3 g con un 90% de raíces vivas. Por lo tanto, en el segundo tratamiento (C-Mulch) resulta más eficaz, esto indica que la planta de banano puede tolerar con mayor prevalencia las bajas o altas temperaturas, así como mayor anclaje como se observa en la Figura 1 (C-D), entre otros, es decir, tiene más disposición para absorber agua y nutrientes, dando como resultado mayor peso del fruto. Según León & Burgos, (2021) tras aplicar bioestimulantes (Bio root "Fósforo + ácidos Húmicos) para la raíz obtuvo un

porcentaje de raíces vivas de 91.60 %, coincidiendo con T1 que presentó un 90 % siendo así el mulch una fuente de nutrientes y estimulantes para la raíz.



A Raíces sin mulch B Raíces con mulch

Figura 4 Procesamiento de raíces

Tabla 2: Análisis de la varianza de la cosecha de banano

	DACos	PRLbs	GMSol	G1Ma	Nman	NDMs	Cochi	Trips	PRa-qLb	PMSLb	LDMs	LD1M	Ahij
Con Mulch	385,60	525,48	0,90	3,60	2,50	16,90	0,40	0,90	0,05	29,65	10,30	7,47	2656,90
Sin Mulch	275,00	56,06	1,45	2,10	0,95	6,00	0,15	0,15	0,63	3,41	14,54	12,29	307,15
F	12,31	9,37	0,62	1,71	2,63	2,82	2,67	6,00	0,07	8,70	0,71	0,61	8,65
Sig.	0,01	0,02	0,45	0,23	0,14	0,13	0,14	0,04	0,79	0,02	0,42	0,46	0,02

En el análisis de varianza (Tabla 2) se observa que las variables de Manos del sol grados (GMSol), primera mano grados (G1Ma), número de manos (Nman), número de dedos mano del sol (NDMs), Cochinillas (Cochi), Peso del raquis libras (PRa-qLb), largo dedo mano del sol (LDMs) y largo dedo primera mano (LD1M) muestran un nivel de significación p-valor (sig.) mayor a 0,05, evidenciando que no hay diferencias.

La aplicación de mulch en los cultivos generan cantidades altas de nitrógeno, lo que permite el desarrollo de la plantación del banano hasta obtener la fruta (Torres, Sánchez, & Cayón, 2017). Es importante que además del uso de mulch se mejore las prácticas agroecológicas del cultivo y de cuidado del mismo, esto genera mayor rendimiento y productividad (Espinosa, Centurión, & Mayo, 2018).

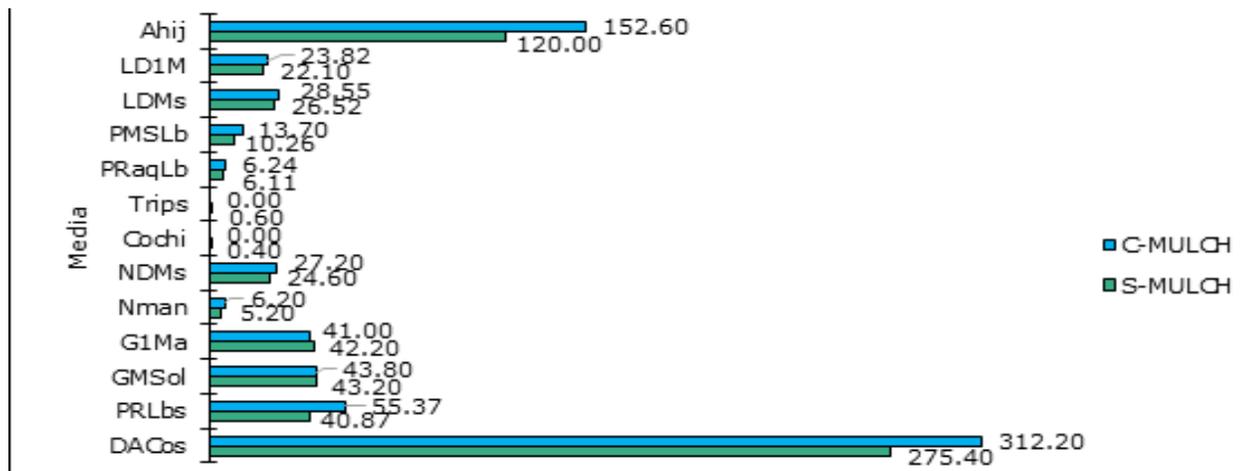


Figura 5. Parámetros de cosecha

Parámetros de cosecha: En el análisis descriptivo según cada tratamiento se identificó los parámetros de cosecha (Figura 5)

Días a la cosecha (DACos) en T0 se observa una media de 275,4 y en T1 de 312,2.

Peso de la racima en libras. (PRLbs) el análisis estadístico demostró que el T0 tiene una media de 40,87 y T1 de 55,37 libras.

Mano del sol grados (GMSol) T0 tiene una media de 43,2 y T1 de 43,8.

Primera de mano en grados (G1Ma) en T0 fue de 42,2 y en T1 con 41 estos valores fueron la media de estas variables.

El número de manos (Nman) el T0 con 5,2 y T1 en 6,2 fueron los valores obtenidos en esta variable.

El número de dedos mano del sol (NDMs) los valores obtenidos fueron, el T0 de 24,6 y T1 de 27,2.

El peso del raquis en libras (PRaqLb) indica una media en T0 de 6,106 y T1 de 6,242 libras.

El peso mano del sol en libras (PMSLb) esta variable obtuvo una media de: T0 10,256 y T1 de 13,7 libras.

El largo dedo mano del sol (LDMs) la medida en T0 es de 26,518cm y T1 con 28,548.

El largo dedo primera mano (LD1M) la media arrojada en el análisis estadístico para el T0 es de 22,096cm y T1 de 23,824cm.

La altura del hijo (Ahij) en T0 tiene una media de 120cm y T1 de 152,6cm.

La cochinilla (Cochi) los rangos medios arrojado en T0 es de 0,4 y en T1 no presenta presencia de daños estéticos en el racimo de banano.

En trips se presenta una media de T0 0,6 y el T1 no presenta presencia de daños estéticos en el racimo de banano.

En los resultados obtenidos por Galecio et al., (2020) también se mostró mayor cantidad de manos, peso de racimo, número de dedos, dando como resultado un mayor rendimiento en el tratamiento T1. Los mismos resultados se presentaron en la investigación de Cedeño (2016) debido a que se obtuvo 8,30 manos, peso de 71,08 libras por racimo de banano al aplicar fertilizantes y un sistema de riego adecuado. Por lo que Baldemar et al. (2017) consideran que cuando se incorpora mulch u otros desechos vegetales, se genera mayor aporte nutricional a la planta de banano.

De igual manera, para identificar las diferencias entre ambos tratamientos se aplicó la prueba de análisis de la varianza, donde se pudo evidenciar que en las variables de manos del sol grados, primera mano grados, número de manos, número de dedos mano del sol, cochinillas, peso del raquis libras, largo dedo mano del sol y largo dedo primera mano no se mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$). No obstante, el tiempo de cosecha, peso

libras, peso mano del sol libras y altura del hijo, así como la no presencia de daños estéticos por parte de trips en el cultivo de banano evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$), este último posiblemente sea por la posición alta del racimo y el uso de bolsa de protección, evitando la exposición de la fruta de los insectos como trips que se encuentran en el suelo.

Al comparar los tratamientos estudiados, se evidencia que cuando se aplicó mulch (C-mulch) se mostró mejores resultados, especialmente en el peso del racimo, manos de sol grados, número de manos, número de dedos mano de sol, peso del raquis, peso mano del sol, largo dedo mano del sol, largo dedo primera mano y altura del hijo. Además, no se apreciaron daños estéticos causados por insectos como a Cochinilla y el Trips como se observa en la figura 5 (B). No obstante, el tiempo de cosecha es mayor (C-mulch), pero se obtiene mejor rendimiento a nivel de producción y emisión foliar, siendo esto una gran ventaja para los productores.



A T0 Se observan daños estéticos leves por presencia de trips y cochinilla



B T1 No se observan daños estéticos leves por presencia de trips y cochinilla

Por otra parte, en las variables de tiempo de cosecha (DACos), peso de racimo (PRLbs), trips, peso mano del sol (PMSLb) y altura del hijo (Ahij) tienen una significancia p-valor (sig.) inferior a 0,05 esto indica que se presentan diferencias estadísticamente significativas entre tratamiento sin y con mulch. El tratamiento con mulch muestra los mejores resultados, (el peso del banano es superior con una media de 55,37 libras y una diferencia de 14,50 libras) en relación al tratamiento sin mulch (T0); el peso de la mano del sol es de 13,7 libras, la altura del hijo de 152,60cm y el tiempo de cosecha es mayor con 312,20.

Según Benavides (2018) se obtuvo un peso de racimo con 51,63 libras en la variedad de banano Williams. Incluso Vásquez et al. (2019) manifiestan que el tamaño del racimo se encuentra relacionado con la densidad, es decir, cuando la densidad de siembra de la plantación es menor se obtiene mayor peso y tamaño de los racimos y frutos, esto se debe a que hay menor nivel de competencia sobre el agua y nutrientes requeridos en cada planta.

El uso del mulch permite mejorar el rendimiento del cultivo de banano, especialmente en el aumento del peso en relación con el tratamiento sin mulch. Según Naranjo et al., (2021), La Manna et al., (2007) y Frutos et al., (2016) consideran que el uso de mulch ayuda oxigenar el suelo,

preservará la humedad, regula la temperatura, controla la maleza, entre otros, mejorando la productividad del cultivo del banano.

CONCLUSIONES

El tratamiento con mulch es el mejor, ya que permite una mayor emisión foliar en las plantas de banano. El rendimiento demostró que el mulch causa un efecto positivo con resultados significativos en las variables peso del racimo, peso manos del sol, altura del hijo, en los frutos del banano no se encontraron afectaciones de trips lo cual supone que se derive de la aplicación de mulch, esto indica que el uso de mulch favoreció al desarrollo y sanidad de la fruta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar-Ancota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., Galecio-Julca, M., Aguilar-Ancota, R., Arévalo-Quinde, C. G., Morales-Pizarro, A., & Galecio-Julca, M. (2021). Hongos asociados a la necrosis de haces vasculares en el cultivo de banano orgánico: Síntomas, aislamiento e identificación, y alternativas de manejo integrado. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 249-256. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.028>
- Baldemar, H., De la Cruz, O., & Sánchez, H. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1273-1285.
- Benavides, S. (2018). Evaluación de tres variedades de banano (*Musa acuminata*) con tres densidades sobre su rendimiento. Valle del medio Piura. Perú: Universidad Nacional de Piura
- Burgo, O. B., & Gaitán, V. (2021). Comportamiento de indicadores de calidad en el cultivo del banano de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 202-209.
- Cedeño, R. (2016). *Efecto de tres biofertilizantes sobre el desarrollo del banano (Musa paradisiaca L.)*. Guayaquil : Universidad de Guayaquil.
- Enrique León, E. W., & Burgos Herrería, T. M. (2021). Uso de bioestimulante radicular como complemento a la fertilización en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca* AAA). 41-43.
- Espinosa, J., Centurión, D., & Mayo, A. (2018). Calidad de harina de tres cultivares de banano (*Musa* spp.) resistentes a la enfermedad sigatoka negra en tabasco. *Revista Agrociencia*, 52(2), 217-229.
- Frutos, V., Pérez, M., & Risco, D. (2016). Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) en Ecuador. *Idesia (Arica)*, 34(6), 61-66. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000038>
- GAD Municipal de Machala. (2016). Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial Machala. Machala: GAD Municipal de Machala.
- Galecio-Julca, M., León-Huamán, K. L., & 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.
- La Manna, L., Buduba, C., Alonso, V., Davel, M., Puentes, C., & Irisarri, J. (2007). Comparación de métodos analíticos para la determinación de materia orgánica en suelos de la región Andino-Patagónica: Efectos de la vegetación y el tipo de suelo. *Ciencia del suelo*, 25(2), 179-188.
- Naranjo-Morán, J., Vera-Morales, M., Mora-González, A., Naranjo-Morán, J., Vera-Morales, M., & Mora-González, A. (2021). Acumulaciones de hierro en agroecosistemas bananeros (Milagro, Ecuador): Una revisión bibliográfica de algunos factores que intervienen en la salud y nutrición del cultivo. *Siembra*, 8(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2680>
- Ortega, R., Samuels, J., Segura, R., Torres, P., Blanco, F., & Sandoval, J. (2019). biofertilizacion como suplemento en la nutricion del cultivo de banano (*Musa* AAA). Relación Suelo-Planta. *CORBANA*, 45(51), 51-66.
- Ramos, A., Terry, A., Soto, C., Martín, G., & Fernández, L. (2016). Respuesta del cultivo del plátano a diferentes proporciones de suelo y bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Revista Cultivos Tropicales*, 37(2), 165-174.
- Santacruz, G., & Santacruz, E. E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 1-13. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1712>
- Scribano, F. R., Fontana, M. L., Alayón Luaces, P., & Cáceres, S. (2018). Efecto del embolsado y deschire del cultivo de banano (*Musa acuminata* Colla) sobre las poblaciones de trips (Thysanoptera: Thripidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 77(3), 1-7.
- Torres, B., Sánchez, J., & Cayón, S. (2017). Modelos de acumulación de nutrientes en la planta de banano (*Musa* AAA Simmonds cv. Williams) bajo dosis de nitrógeno. *Acta Agronómica*, 66(3), 391-396.
- Vásquez, W., Racines, M., & Moncayo, P. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico *Musa acuminata* en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57-66.

- Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Barrezueta-Unda, S., Huarqui-la-Henriquez, W., González-Porras, C., Garzón-M (Enrique León & Burgos Herrería, 2021)Montealegre, J., Villaseñor, D., Noblecilla-Romero, Y., Luna-Romero, E., Molero-Naveda, R., Barrezueta-Unda, S., Huarqui-la-Henriquez, W., González-Porras, C., & Garzón-Montealegre, J. (2020). Respuesta óptima económica de la fertilización potásica sobre variables productivas del Banano (*Musa spp.*). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 36(2), 161-170. <https://doi.org/10.29393/chjaas36-14rodv80014>
- Zhiminaicela, J. B. Z., Quevedo, J. N., & García, R. M. (2020). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189-195.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y QUÍMICOS EN CACAO CCN-51

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE APPLICATION OF ORGANIC AND CHEMICAL FERTILIZERS IN COCOA CCN-51

Angélica Andrea Armijos Arias

E-mail: aarmijos4@utmachalaedu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6677-6790>

José Nicasio Quevedo Guerrero

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu

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

Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Armijos Arias, A. A., Quevedo Guerrero, J.N., García Batista, R.M. (2022). Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos en Cacao CCN-51. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 72-79. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El manejo de la nutrición en el cultivo de cacao CCN-51 es clave para mantener su producción y fitosanidad, motivo necesario para implementar alternativas que permitan obtener mejores cosechas de manera rentable y amigable con el medio ambiente. El objetivo fue evaluar el efecto de fertilización química y orgánica en el rendimiento del cultivo de cacao CCN-51, utilizando 4 tratamientos (T1, T2, T3 y T4). Las variables estudiadas fueron; cojinetes florales activos por planta, mazorcas por planta, mazorcas sanas, mazorcas enfermas, mazorcas cosechadas y peso seco de la semilla en dos estaciones climáticas (cálida y fría). Los análisis estadísticos se desarrollaron mediante ANOVA, las medias obtenidas en las variables evaluadas durante la estación fría: número de mazorcas por planta, mazorcas sanas, mazorcas cosechadas y en el peso seco de 100 semillas, con un incremento favorable de la fructificación y el peso de semillas, mejorando el rendimiento del cultivo a diferencia del T4 que mostró la media más baja en comparación con los demás tratamientos. La variable mazorcas enfermas no mostro diferencias significativas. El T2 mostró el nivel más alto en la estación seca en la variable cojinetes florales activos por planta.

Palabras clave:

Fertilización, clima, cosecha, peso, rendimiento.

ABSTRACT

The management of nutrition in the CCN-51 cocoa crop is a key to maintain its production and phytosanity, a necessary reason to implement alternatives that allow obtaining better harvests in a profitable and environmentally friendly way. The objective was to evaluate the effect of chemical and organic fertilization on the yield of the CCN-51 cocoa crop, using 4 treatments (T1, T2, T3 and T4). The variables studied were Active floral bearings per plant, cobs per plant, healthy ears, sick ears, harvested ears and dry weight of the seed in two climatic seasons (warm and cold). The statistical analysis were developed using ANOVA, the means obtained in the variables evaluated during the cold season: number of ears per plant, healthy ears, harvested ears and in the dry weight of 100 seeds, with a favorable increase in fruiting and seed weight, improving crop yield unlike T4 which showed the lowest average compared to other treatments. The variable diseased ears showed no significant differences. T2 showed the highest level in the dry season in the variable active flower bearings per plant.

Key words:

Fertilization, climate, harvest, weight, yield.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), es un producto de exportación que genera fuentes de trabajo y divisas que fortalecen la economía del país (Vera Chang et al., 2016). En Ecuador existe una gran diversidad de cacao, siendo los del grupo genético Nacional los más reconocidos por su calidad, denominados cacaos finos y de aroma (Carrillo et al., 2010), cuya producción es mínima comparada con la obtenida del clon CCN-51 que registra una mayor productividad, por su precocidad de producción y mayor resistencia a ciertas enfermedades (Chávez et al., 2018).

El CCN-51 (Colección Castro Naranjal 51), es producto de hibridación de los clones ICA 95 y el IMC 67 en el cantón Naranjal (Pallares et al., 2016). La variedad se adapta a diferentes pisos climáticos, provocando una variabilidad en el rendimiento comparada con otros países productores, a causa de; pérdida de fertilidad del suelo, inconvenientes en la comercialización por la escasez del mercado interno e industrialización de la materia prima (Prieto et al., 2012).

En Ecuador podemos encontrar dos estaciones climáticas; cálida y fría, las mismas que son identificadas como verano e invierno, por la razón de que el país se encuentra ubicado sobre la línea equinoccial (Vega et al., 2020). De esta manera resaltando la vulnerabilidad del ecosistema al enfrentarse a posibles alteraciones a causa del calentamiento global.

Los bajos rendimientos en el cultivo están influenciados por la textura del suelo. Según Rojas, (2012), el suelo apropiado corresponde a suelos francos a franco-arcillosos, mientras que en el área experimental el suelo presenta una textura arcillosa por lo cual se ve afectada la productividad de manera significativa. Sin embargo, es importante realizar un análisis de suelos para determinar la necesidad de nutrientes que requiere el cultivo.

La fertilización tiene como finalidad suministrar elementos esenciales en el cultivo para que alcance un mayor crecimiento y productividad, mejorando el rendimiento, calidad y rentabilidad del producto final. Se utilizaron productos de composición orgánica como Fossil Shell Agro, Biochar, los cuales son de gran importancia en el desarrollo nutricional en las primeras fases de producción, junto al nitrato de potasio, sulfatos de amonio y de potasio, en diferentes dosis y combinaciones, siendo objeto de estudio en la investigación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar CCN-51 bajo la aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos, en el sitio Las Coelmbas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la provincia de El Oro, Cantón Arenillas, Parroquia La Cuca, sitio Las Coelmbas, ubicado con latitud: 3°29'36.8"S, longitud: 80°03'00.7"W, altitud: 16.3, donde se encuentra la finca con 2.73 ha de

cacao CCN-51, de cuatro años de edad. En la figura 1 se muestra el diseño experimental del estudio.

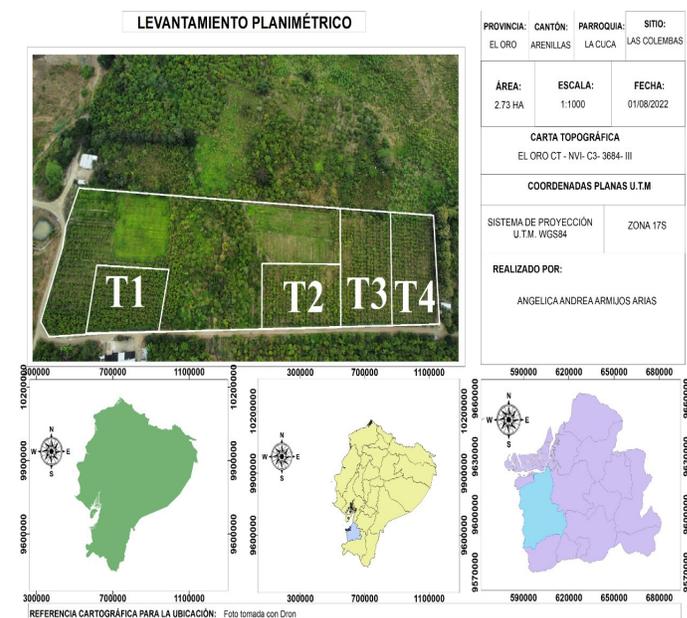


Figura 1: Ubicación y diseño experimental del estudio

Los materiales utilizados en este estudio fueron los siguientes:

Fertilizantes orgánicos: Biochar, Fossil Shell Agro, Sulfato de amonio, Sulfato de potasio, Nitrato de potasio.

Material genético: Se utilizó una plantación de cacao ya establecida, el híbrido CCN-51, de cuatro años de edad aproximadamente. Cada tratamiento tuvo 30 plantas de cacao debidamente etiquetadas.

Diseño Experimental y tratamientos: El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con 3 tratamientos, más testigo y 30 repeticiones de cada uno; con diferentes dosis de fertilizante orgánico.

Los tratamientos usados se establecieron en función del análisis de suelo de los lotes donde se establecieron los tratamientos. La tabla 1 resume la composición de fertilizantes utilizados en el experimento, con 3 tratamientos aplicados en diferentes formas y dosis, cada uno de ellos cuenta con 30 repeticiones, el T4 es el testigo, que visualizará la influencia de las aplicaciones de fertilizantes y elegir el más apto para el cultivo.

Tabla 1: Descripción de los tratamientos aplicados

Tratamiento	Repeticiones	Descripción
T1	30	Fossil Shell Agro 10g + Biochar 10 g + Sulfato de amonio 35 g + Sulfato de potasio 50 g.
T2	30	Fossil Shell Agro 10g + Biochar 10 g + Sulfato de amonio 35 g + Sulfato de potasio 50 g. (Mediante herculización)

T3	30	Fossil Shell Agro 10g + Biochar 10 g + Nitrato de potasio 50 g.
T4	30	Testigo

Variables evaluadas: Las variables evaluadas son; el número de cojinetes activos por planta (CFAP), número de mazorcas por planta (MzcP), número de mazorcas sanas (MzSan), número de mazorcas enfermas (MaEnf), número de mazorcas cosechadas (MazCsh) y peso seco de semillas (PSS).

METODOLOGÍA: Se muestran los procedimientos utilizados en la conducción del trabajo.

Identificación de suelo del área experimental. Para el análisis de las características físicas y químicas del suelo (tabla 2) se tomaron muestras al inicio del experimento de manera aleatoria en el área a evaluar. Usando el barreno se extrajo 10 submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm, las cuales fueron colocadas dentro de un balde y mezcladas con el fin de extraer 1 kg, en una bolsa plástica se etiquetó con siguientes datos; fecha de muestreo, cultivo, lugar, entre otros. Posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su análisis.

Tabla 2: Análisis de suelo.

Parámetros	Valor
Clase textural	Arc (Arena 38%, arcilla 48%, limo 14%)
pH	6.50 (Pn)
Conductividad eléctrica (C.E.)	0.86 mmhos/cm (B)
Materia Orgánica (M.O.)	0.88 % (B)
Amonio (NH ₄)	25.90 ppm (B)
Fósforo (P)	3.10 pp (B)
Potasio (K)	0.34 meq/100ml (M)
Calcio (Ca)	13.61 meq/100ml (E)
Magnesio (Mg)	15.04 meq/100ml (E)
Sodio (Na)	0.40 meq/100ml (S)
Capacidad de intercambio catiónico (CICE)	29.39 meq/100ml (A)
Cobre (Cu)	4.70 ppm (A)
Hierro (Fe)	24.40 ppm (M)
Manganeso (Mn)	15.60 ppm (S)
Zinc (Zn)	5.60 ppm (M)
Boro (B)	0.21 ppm (B)
Azufre (S)	22.10 ppm (M)
Hierro (Fe)/ Manganeso (Mn)	1.56 (M)
Calcio (Ca)/ Magnesio (Mg)	0.90 (B)
Magnesio (Mg)/ Potasio (K)	44.23 (E)
Calcio (Ca) + Magnesio (Mg)/ Potasio (K)	84.26 (E)

INTERPRETACIÓN

Textura	Elementos	pH
Fco = Franco	B = Bajo	Ac = Ácido
Arc = Arcilloso	M = Medio	LAc = Lig. Ácido
As = Arenoso	S = Suficiente	Pn = Prac. Neutro
Li = Limo	A = Alto	LAl = Lig. Alcalino
Are = Arena	E = Exceso	Al = Alcalino
Fca = Franca		

Selección del material genético: Se seleccionaron 120 plantas al azar, asignándose 30 plantas para cada tratamiento, las que fueron identificadas con etiquetas, donde se señaló cada tratamiento y el número de planta con el respectivo número de repetición.

Preparación y mezcla de tratamientos: Se procedió al cálculo de las cantidades de fertilizantes para su uso por tratamiento; T1 y T2 se diferencian por su forma de aplicación, T3 por la dosis aplicada con diferente producto, y el T4 como testigo.

Tratamiento 1

- 10 g. FOSSIL SHELL.
- 10 g. Biochar.
- 35 g. Sulfato de amonio.
- 50 g. Sulfato de potasio.

Se realizó una aplicación al suelo en el contorno de la planta.

Tratamiento 2

- 10 g. FOSSIL SHELL.
- 10 g. Biochar.
- 35 g. Sulfato de amonio.
- 50 g. Sulfato de potasio.

Se realizó una aplicación mediante herculización de extremo a extremo de la planta.

Tratamiento 3

- 10g. FOSSIL SHELL.
- 10 g Biochar.
- 50 g Nitrato de potasio.

Se realizó una aplicación al suelo en el contorno de la planta.

Variables evaluadas: Se evaluaron desde la aparición de los cojinetes florales hasta la postcosecha las variables mencionadas a continuación (Pérez et al., 2017).

1. Número de cojinetes activos por planta (CFAP): Para su obtención únicamente se registró todos

aquellos cojinetes que presentaban una abertura en las flores aptas para la recepción de polen.

2. **Número de mazorcas por planta (MzcP):** El conteo se realizó mensualmente, y se contabilizó el total de mazorcas sin excluir el grado de madurez de las mismas.
3. **Número de mazorcas sanas (MzSan):** En el conteo de esta variable se tomó en cuenta solamente aquellas mazorcas con el grado óptimo de maduración, es decir próximas a la cosecha.
4. **Número de mazorcas enfermas (MaEnf):** Para contabilizar esta variable se requirió de aquellas mazorcas que presentaron daños causados por plagas y enfermedades fungosas, como *Moniliophthora roreri* o *Phytophthora spp.*
5. **Número de mazorcas cosechadas (MazCsh):** Estas incluyen solamente mazorcas sanas que han llegado a su punto de madurez fisiológica y así obtener calidad de semillas.
6. **Peso seco de semillas (PSS),** Luego de extraer los granos de la mazorca y realizar su respectivo secado, se tomaron 100 semillas de cada tratamiento, las mismas que fueron pesadas en una balanza digital, cuyas unidades son expresadas en gramos (gr).

Estación climática (seca-fría): Se tomó en cuenta los meses desde Julio – Abril (10 meses) para desarrollar resultados óptimos, donde los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre considerados de estación seca (1), y los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril de estación fría (2).

La región costera del Ecuador mantiene un clima muy variado, con una temperatura alta de 26 °C que va desde diciembre a mayo y una baja de junio a noviembre con 23 °C. Mientras que la precipitación tomada en los años anteriores se obtuvo una media de 260,4 mm/año (García Garizábal et al., 2017).

Análisis estadístico: Se realizó un análisis estadístico de las variables planteadas con uso del programa IBS SPSS Statistics, mediante ANOVA bifactorial y Tukey (p-valor 0.05), para determinar la presencia de diferencias significativas en los tratamientos evaluados. Por medio de la tabulación de datos en el software Excel, se realizó una comparación de los valores obtenidos en las variables de cada uno de los tratamientos y obtener el mejor, con respecto al peso de la semilla de cacao.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del ANOVA, muestran que el T2 (herculización) de la variable CFAP (Cojinetes florales activos por planta) registró un aumento con valores de 20.24 en la estación seca y 18.92 en estación fría, con diferencias significativas entre tratamientos (figura 2).

De los tratamientos evaluados, el T4 presentó el menor valor con respecto a los demás, con una media de 9.40 en la estación seca y 10.12 en la estación fría. Vera et al., (2015), describieron que la cantidad de flores es más

abundante en los meses de época lluviosa (2) por la disminución de incidencia de plagas, dado que la fructificación es un evento importante y dependiente de la floración.

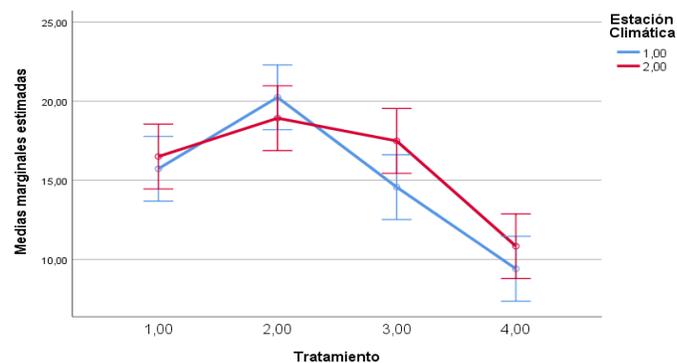


Figura 2: Medias marginales estimadas de CFAP (Cojinetes florales activos por planta)

Actualmente en el Ecuador las nuevas plantaciones de cacao son de CCN-51 por su alta productividad, lo que ocasiona una mayor erosión genética de cacao nacional, la misma que comenzó con la entrada de cacao trinitarios y que actualmente ha propiciado la desaparición de los cacaos finos y de aroma (García et al., 2021).

La variable mazorcas por planta (MzcP) se observó que el T3 tiene un aumento de mazorcas en comparación con los demás tratamientos (Figura 3), con una media de 12.14 en la estación seca y con 14.22 en la estación fría, seguidos de los tratamientos 2 y 1 que obtuvieron un buen resultado a diferencia del T4 que presentó un valor mínimo muy significativo con una media de 7.90 en la estación seca y 5.20 en estación fría.

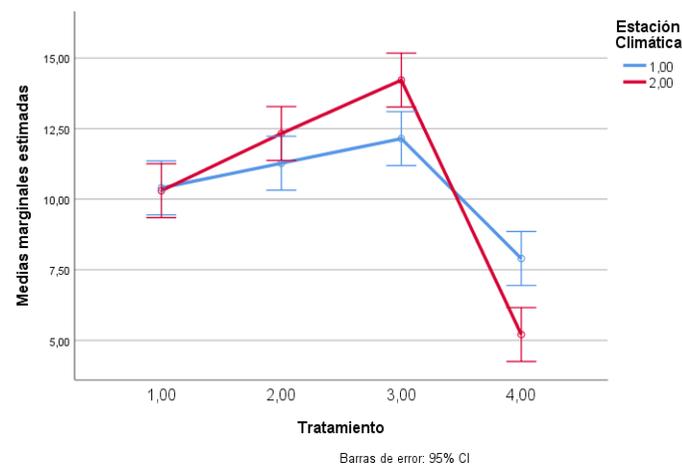


Figura 3: Medias marginales estimadas de MzcP (Mazorcas por planta). Barrezueta et al., (2017), plantea que el agricultor busca una mayor rentabilidad en el CCN-51, con el uso constante de insumos sintéticos. Sin embargo, en muchos de los casos se puede fertilizar bajo un modelo agroforestal que no impacte al ambiente. De esta forma se ha obtenido que, mediante la aplicación de fertilizante orgánico, destacando al T3 con una mayor cantidad de mazorcas sanas con una media de 11,59 en la estación seca y 13,99 en la estación fría.

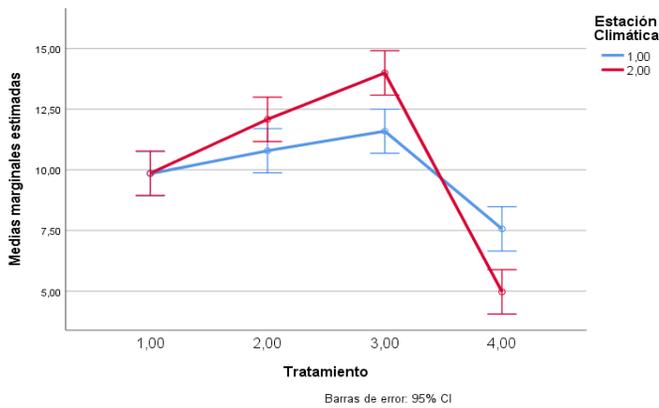


Figura 4: Medias marginales estimadas de Mz San (Mazorcas sanas)

Al comparar los 4 tratamientos (figura 5) se observó que la incidencia de posibles enfermedades disminuyó en la estación fría (2), por la incapacidad de tolerar temperaturas bajas (Anzules et al., 2019). También el efecto del uso de fertilizantes orgánicos, donde hubo una mayor disminución de mazorcas enfermas (MaEnf) en el T2 con una media de 0.62 en la estación seca y con 0.24 en la estación fría.

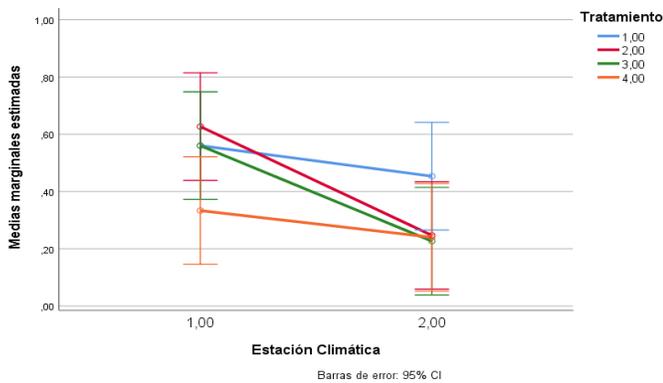


Figura 5: Medias marginales estimadas de MaEnf (Mazorcas enfermas)

En la tabla 3, mediante un análisis de ANOVA de un factor, muestra que en Mazorcas enfermas (MaEnf) que sus valores no son menores a ($p=0.05$) a diferencia de las demás variables cuyo valor es significativo.

La prueba de Tukey (tabla 3) en la variable cojinetes flores activos por planta (CFAP), indicó que el subconjunto **a** con un valor menor de media, presentó una diferencia estadística con los subconjuntos b y c, es decir que el tratamiento 4 con el valor de 10.12 se mostró como el más bajo y el tratamiento 2 identificado con el subconjunto c con una media de 19.58 presentó el valor de media más elevado, tomando en cuenta que el viento es un punto muy importante en el cultivo, ya que es muy sensible y sus flores se desprenden fácilmente (Zambrano, 2018).

Tabla 3: ANOVA de un factor y prueba de Tukey en diferentes variables

Tratamiento	CFAP	MzcP	MzSan	MaEnf	MazCsh
1	16,11 b	10,35 b	9,85 b	0,51 a	2,20 b

2	19,59 c	11,80 c	11,43 c	0,44 a	2,46 b
3	16,03 b	13,18 d	12,79 d	0,39 a	3,11 c
4	10,12 a	6,55 a	6,27 a	0,29 a	1,67 a
F	28,25	67,66	71,41	1,84	21,24
Significancia	0	0	0	0,139	0

En el análisis de Tukey (tabla 3) para el número de mazorcas por planta (MzcP), se evidenció diferencias significativas claras entre tratamientos. El T3 presentó el valor de media más alto (13.18), los demás tratamientos (T1, T2 Y T4), presentaron valores más bajos en especial el T4 con una media de 6.55.

Tradicionalmente, el principal objetivo del uso de los fertilizantes ha sido incrementar la productividad de los cultivos (Puentes et al., 2014), por lo cual se logra reportar un aumento elevado en el T3 en la producción de cacao ante la aplicación de fertilizantes.

Así mismo, para mazorcas sanas (MzSan) la prueba de Tukey (tabla 3) indicó que el T3 del subconjunto **d** tiene un valor de media más alto (12.79), mientras que el T1, T2 y T4, identificados en diferentes subconjuntos presentan una media menor, estableciendo que el T4 presentó un valor mínimo de 6.27. En cuanto a la variable Mazorcas enfermas (MaEnf), mostró una media baja en todos los tratamientos, integrados en el subconjunto **a**.

El análisis de Tukey (tabla 3) en la variable Mazorcas cosechadas, indicó que el T3 del subconjunto **c** resaltó nuevamente con un valor de media más alto de 3.11, superando a los demás tratamientos establecidos, donde se tiene al T1 (2.20) y T2 (2.46) en el subconjunto **b** y en el subconjunto **a** al T4 con un valor de media mínima de 1.66.

Quezada & Garcia (2017), aclaran que las mazorcas a cosechar deben presentar una madurez óptima para alcanzar una buena fermentación, es decir que característicamente no deben estar inmaduras ni muy maduras, ya que al tener semillas inmaduras y al ser mezcladas con otras bien desarrolladas se presenta una resistencia natural a la fermentación, causando una afectación a la calidad sensorial y al producto que en este caso termina siendo el chocolate.

En el análisis descriptivo realizado en las cinco variables (figura 6) tomadas en cada uno de los tratamientos muestra que, el T2 es el más efectivo con respecto a cojinetes florales activos por planta con una media de 19.58 y el menos eficiente el T4 con una media de 10.12. En cuanto a la variable mazorcas por planta, se destacó el T3 como el más eficiente con una media de 13.18, y el T4 con el menor número de mazorcas por planta con una media de 6.55. La variable mazorcas sanas presentó un incremento en el T3 con un promedio de 19.79 y la más baja en T4 con 6.27, en cambio en mazorcas enfermas no existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, ya que los datos presentan valores similares que no varían de 0.29 a 0.57.

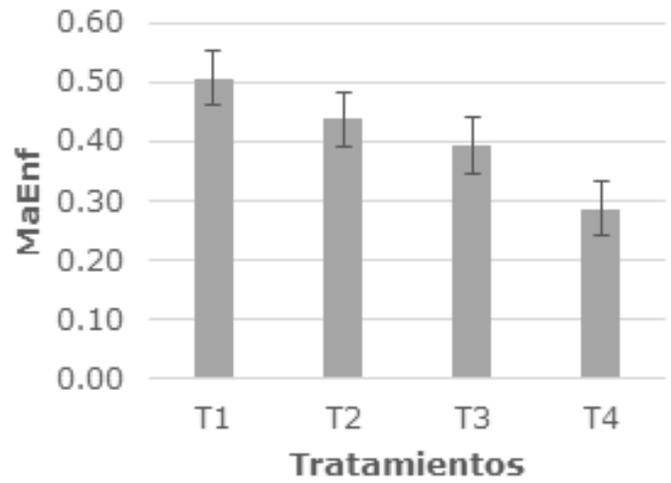
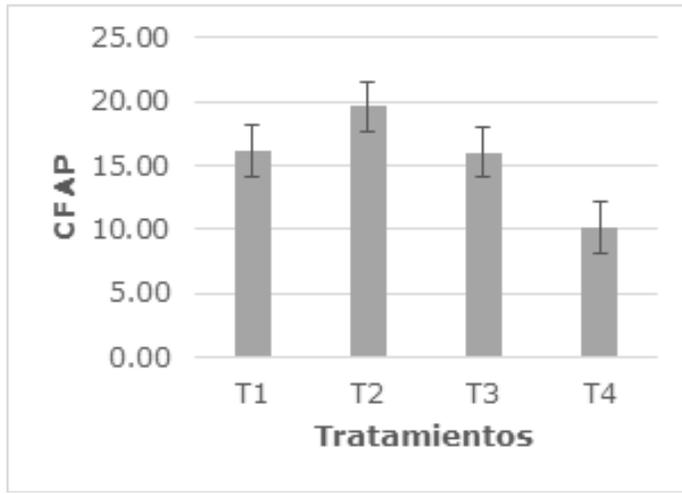


Figura 6: Análisis descriptivo de las variables CFAP (1), MzcP (2), MzSan (3), MaEnf (4) y MazCsh (5)

El peso seco de 100 semillas evaluado en la estación seca (figura 7) y en la estación fría (figura 8), demostró significancia entre tratamientos, indicando que el T3 tuvo el mayor promedio en la estación fría con 179.8 g (figura 9), respecto al T4 (169.0 g) siendo el de menor valor registrado. Según Panduro (2018), el peso de la semilla del cacao es determinado con el conteo de 100 semillas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos y siendo expresada en gramos, tomando en cuenta que cada semilla seca debe superar 1 gramo de peso.

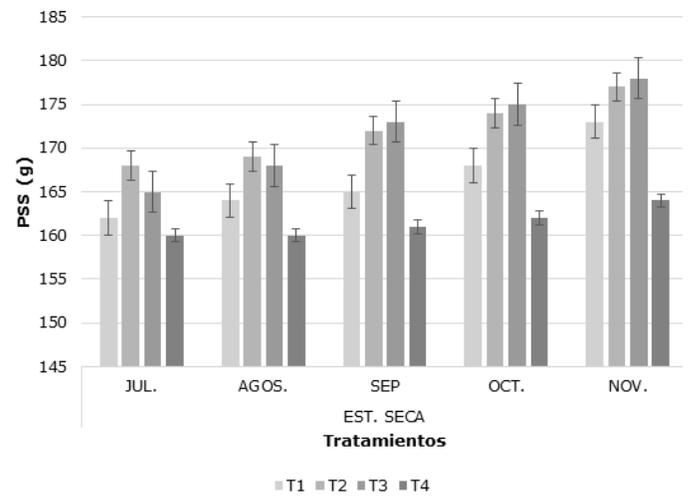
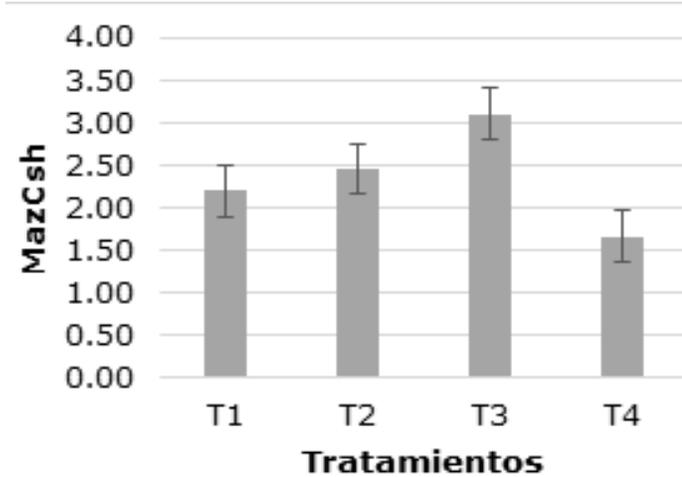
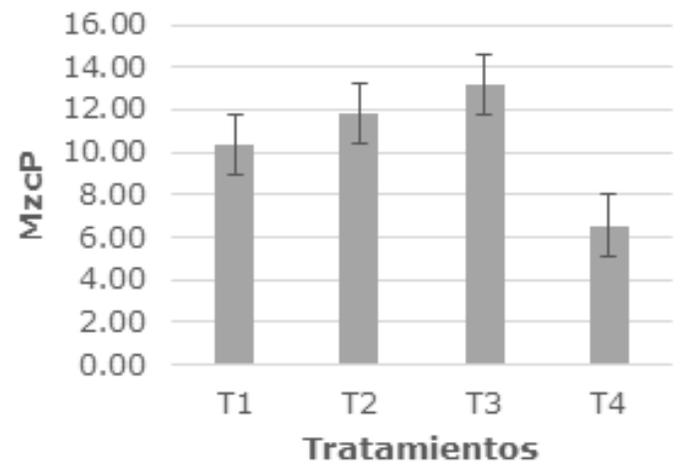


Figura 7: Peso seco de 100 semillas en la estación seca

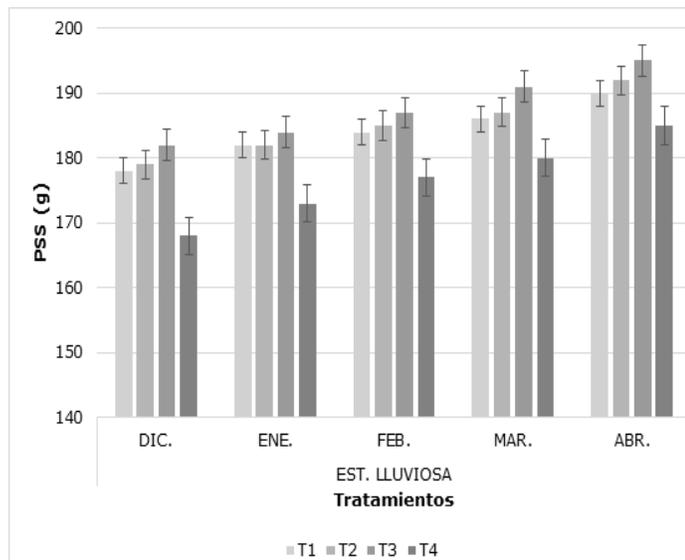


Figura 8: Peso seco de 100 semillas en la estación lluviosa

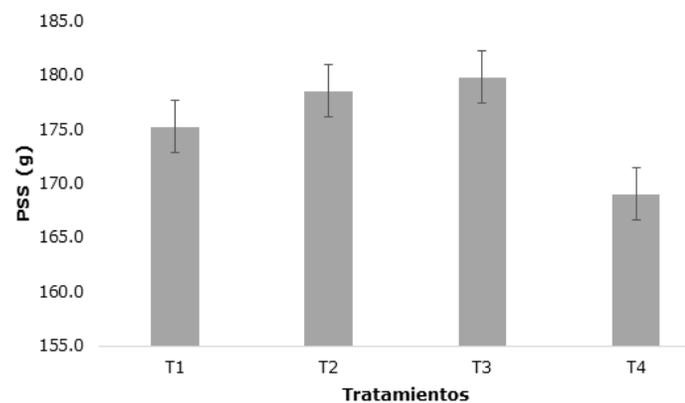


Figura 9: Promedio del peso de 100 semillas en cada tratamiento



Figura 10: Resultados obtenidos de la fertilización en el cultivo de cacao CCN-51

La figura 10, nos muestra la necesidad de anticipar el estado nutricional del cultivo, basándose en la disponibilidad de los nutrientes presentes el suelo, en este caso realizando una fertilización a base de un inductor orgánico con fines de mejorar las condiciones del cultivo (López et al., 2007), si el suelo se degrada es incapaz de proporcionar aptas condiciones para una producción sustentable (Cruz et al., 2021).

Puentes et al., (2014), consideran que los nutrientes que van dirigidos hacia el cultivo son factores que influyen esencialmente en el crecimiento y rendimiento del mismo.

CONCLUSIONES

Los tratamientos evaluados presentaron significancia estadística en variables relacionadas con el rendimiento agrícola, el T3 fue más eficiente en la estación fría registrando las medias más altas en las variables: número de mazorcas por planta, mazorcas sanas, mazorcas cosechadas, y peso seco de 100 semillas, seguido del T2 con un aumento relevante respecto al número de cojinetes florales activos por planta, sin excluir el efecto positivo en el T1 y T3, considerando que la abundancia de las flores tuvo un incremento en la estación seca.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anzules Toala, V., Borjas Ventura, R., Alvarado Huamán, L., Castro Cepero, V., & Julca Otiniano, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp en *Theobroma cacao* 'CCN-51'. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511-520. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>
- Barrezueta Unda, S., & Chabla Carrillo, J. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 25-34. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/952/906>
- Carrillo, M., Recalde, M., & Sánchez, J. L. (2010). Manejo de la nutrición del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), tipo nacional y CCN-51 en etapa de establecimiento. *Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo*, 1-10. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46347469/CARRILLO_2010_fertilizacion_mineral_y_organico_de_cacao-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1658195238&Signature=W8tqRQJaf-JOuhmwu4fe1vQGNIqkKqaOckLgMNRHvuzH2BGka-bKYUp8Bb2rs6-Ndl7Bby-9aMG383C~zOOYU~Rg-mmBD~RJCOoUwT
- Chávez Cruz, G. J., Olaya Cum, R. L., & Maza Iñiguez, J. V. (2018). Costo de producción de cacao clonal ccn-51 en la Parroquia Bellamaria, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(4), 179-185. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000400179

- Cruz Lovato, K. A., & Chabla Carrillo, J. (2021). Caracterización del comportamiento espacial de las propiedades hidrofísicas del suelo con cultivo de cacao, su incidencia en su capacidad productiva. *Revista científica Agroecosistemas*, 9(1), 84-94. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/453/428>
- García Briones, A. R., Pico Pico, B. F., & Ramón Jaimez. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Revista Digital Novasinergia*, 4(2), 152-172. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2631-26542021000200152&script=sci_arttext
- García Garizábal, I., Romero, P., Jiménez, S., & Jordá, L. (2017). Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático. *Dyna*, 84(203), 37-44. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.59600>
- Leiva Rojas, E. I. (2012). *Aspectos para la nutrición del cacao (Theobroma cacao L.)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55148>
- López, M., López de Rojas, I., España, M., Izquierdo, A., & Herrera, L. (2007). Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrízicos arbusculares en plantaciones de theobroma cacao. *Agronomía Tropical*, 57(1), 31-43. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000100005
- Pallares Pallares, A., Estupiñán A., M., Perea Villamil, J. A., & López Giraldo, L. J. (2016). Impacto de la fermentación y secado sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del clon de cacao CCN-51. *Revista Iton*, 29(2), 7-21. <https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016001>
- Panduro Soto, K. V. (2018). *Estudio de las propiedades físico químicas del grano seco y reológicas del licor de cacao, en tres clones, CCN-51, ICS-95 y ICS-39 (Theobroma cacao L.)*. Tarapoto: UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3307/1/T-UTEQ-0137.pdf>
- Pérez García, G. A., & Freile Almeida, J. A. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (Theobroma cacao L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. *Centro Agrícola*, 44(2), 44-51. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852017000200006&script=sci_arttext&tlnq=pt
- Prieto Benavides, O. O., Belezaca Pinargote, C. E., Mora Silva, W. F., Garcés Fiallos, F. R., Sabando Ávila, F. A., & Cedeño Loja, P. E. (2012). Identificación de hongos micorrízicos arbusculares en Sistemas Agroforestales con cacao en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Agronomía mesoamericana*, 23(2), 233-239. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212012000200002
- Puentes Páramo, Y., Menjivar Flores, J. C., Gómez Carabalí, A., & Aranzazu Hernández, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agrónoma*, 63(2), 145-152. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122014000200007
- Puentes Páramo, Y., Menjivar Flores, J., & Aranzazu Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (Theobroma cacao L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106. <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v26n2/art04.pdf>
- Quezada Ramón, L. A., & Garcia Batista, R. M. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y calidad sensorial de (Theobroma cacao L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 36-46. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/139/173>
- Vega Aguilar, S. A., Malla Caferino, C. C., & Bejarando Copo, H. F. (2020). Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 72-76. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/388/367>
- Vera Chang, J. F., & Goya Baquerizo, A. (2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (Theobroma cacao L.). *La Técnica*(15), 26-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087674>
- Vera Chang, J., Cabrera Verdezoto, R., Morán Morán, J., Neira Rengifo, K., Haz Burgos, R., Vera Barahona, J., Molina Triviño, H., Moncayo Carreño, O., Díaz Ocampo, E., & Cabrera Verdesoto, C. (2016). Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51. *Scielo*, 34(6), 35-40. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000033>
- Zambrano Jaramillo, G. A. (Septiembre de 2018). *Evaluación de la influencia del proceso de beneficio del cacao (Theobroma cacao) CCN-51 de altura en su calidad final, mediante el análisis físico, físico-químico y sensorial*. Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16624>

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

E-mail: ycordova1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9273-0961>

José Nicasio Quevedo Guerrero

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Abrahán Rodolfo Cervantes Alava

E-mail: acervantes@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6223-8661>

Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Córdova Girón, Y. B., 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(3), 80-87. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Ecuador, país que presenta características particulares para la producción de banano en cada una de sus zonas. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de los estimulantes radiculares en la producción del cultivo de banano. Se realizó 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 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 aplicaron 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, amino-quelantes, residuos.

ABSTRACT

Ecuador is a country that presents particular characteristics for banana production in each of its areas. The aim of the study was to determine the effect of root stimulants on banana crop production. A factorial experiment of random blocks was carried out with 14 treatments with four bimonthly applications, the variables studied were; height, leaf emission, return shaft (son), total weight of roots, weight of healthy, damaged and dry roots; cluster weight, weight of rachis, total weight of hands per bunch, number of hands and number of fingers of the hand of the sun. Treatments 8 and 7 obtained higher values in the variables of height and shaft of the son, but in foliar emission treatment 14 obtained a greater number of leaves. The best performance was recorded in treatments 8 and 6, however, the highest number of hands per bunch was obtained by treatment 3, treatments 12, 2 and 5 where stimulants Synergil 3-4-5 plus, AMINOQUELANT-CA and Zn were applied obtained higher values in percentage and total weight of healthy roots, T14 obtained greater total weight of damaged and dry roots.

Keywords:

Efficient application, phosphorus amendments, amino-chelators, 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 oxisporum, tolerante al viento y a la sequía. (Robinson J., 2012).

Métodos, el diseño experimental utilizado fue factorial, se aplicaron los productos enraizadores 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 enraizadores 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 cm³, 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.

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.

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
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.

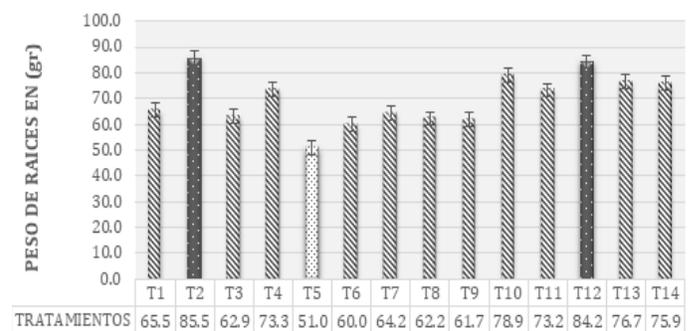


Figura 1. Variable peso de raíces en gramos (PTR)

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.

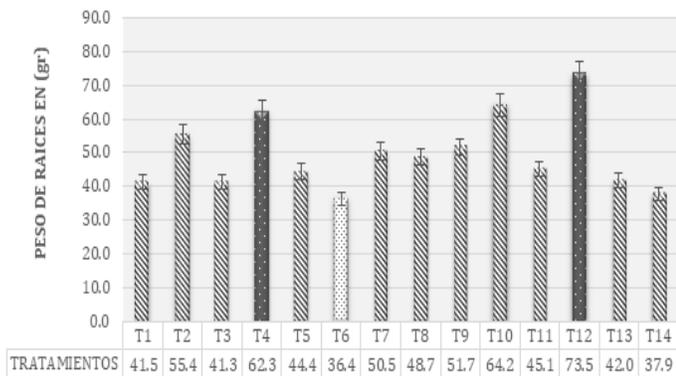


Figura 2. Variable peso de raíces sanas en gramos (PRS)

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.

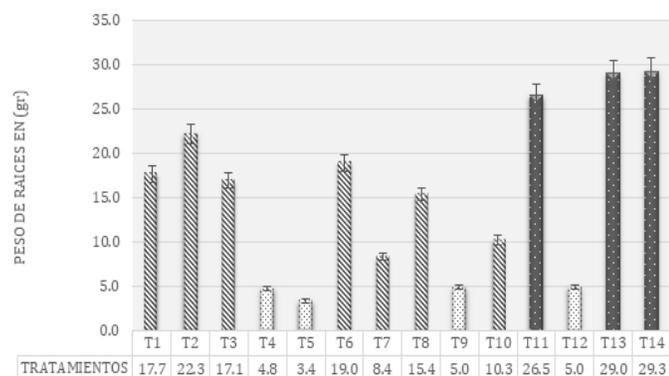


Figura 3. Variable peso de raíces dañadas en gramos (PRD)

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.

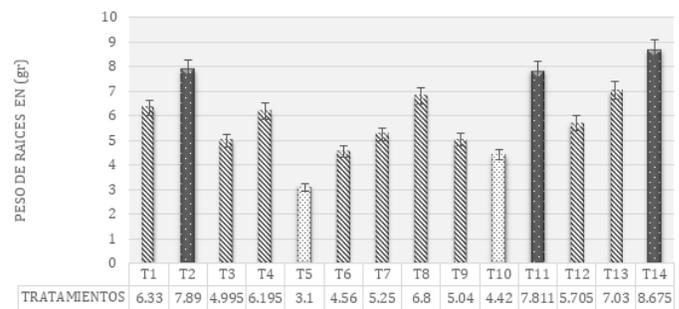


Figura 4. Variable peso de raíces secas en gramos (PRSC)

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.

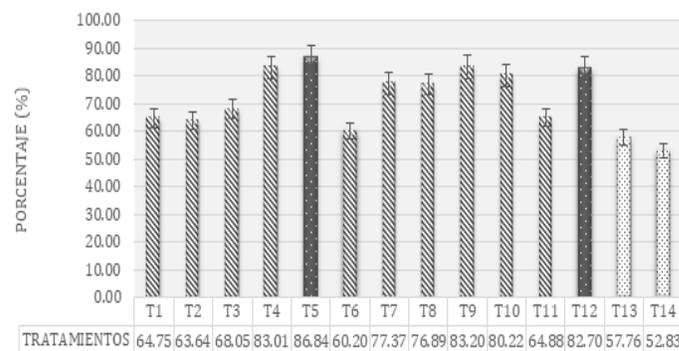


Figura 5. Variable porcentaje de raíces sanas en porcentaje (PRRS)

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).

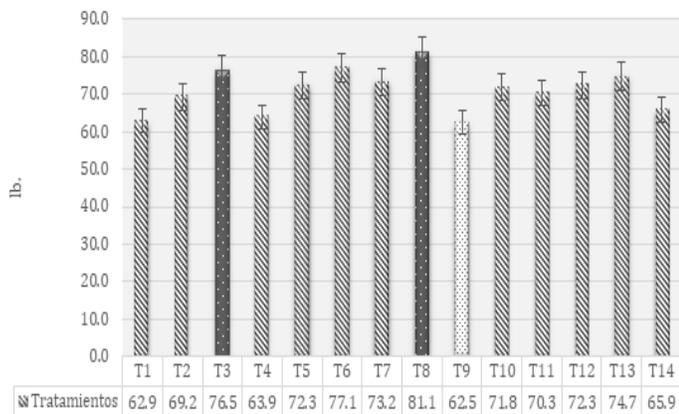


Figura 6. Variable peso del racimo en libras (PTRAC).

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.

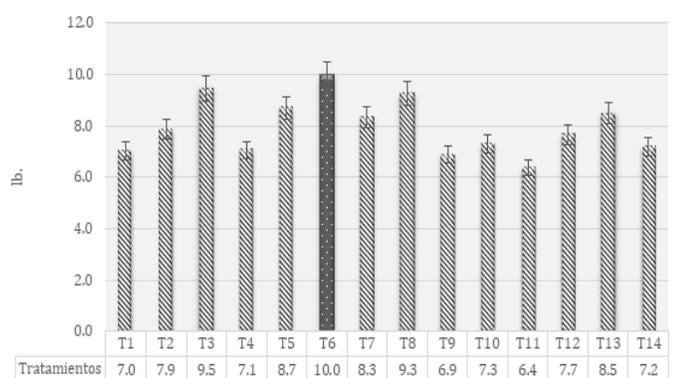


Figura 7. Variable peso del raquis en libras (PRAQ)

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 banano clon Williams, valor inferior al T8 obtenido.

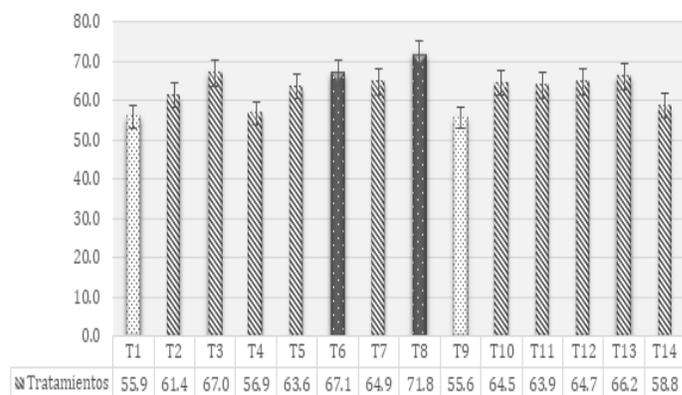


Figura 8. Variable peso de manos por racimo en libras (PTMR)

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 banano clon Williams.

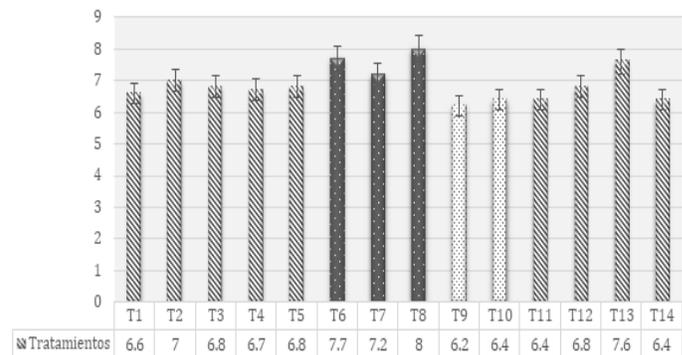


Figura 9. Variable número de mano (NM)

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 radiculares para determinar la relación del área foliar en el cultivo de banano.

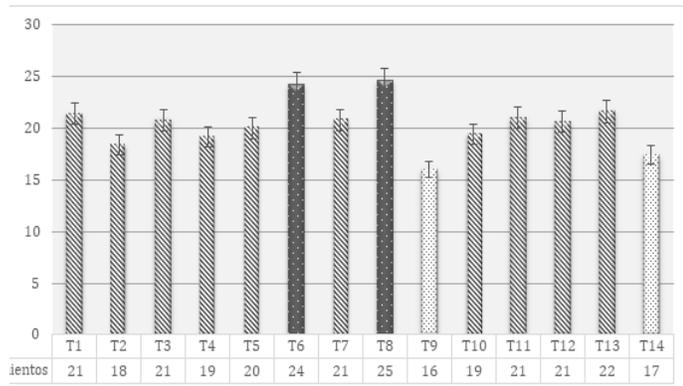


Figura 10. Variable número de dedos de la segunda mano del sol (ND)
CONCLUSIONES

La aplicación de estimulantes radiculares 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 radiculares influyeron en el rendimiento del cultivo de banano, derivado a la obtención de una mayor cantidad de raíces sanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

Gabino Torres, C. E., Quevedo Guqrrero, 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

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 (*Musa x 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. *Agro-nomía Mesoamericana*, 26(1):119-12810. 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>

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SIEMBRA DE ALTA DENSIDAD EN MAÍZ (*Zea mays L.*)

EVALUATION OF HIGH-DENSITY PLANTING SYSTEMS IN CORN (*Zea mays L.*)

Milton Ernesto Morales Duran

E-mail: mmorales2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7776-7416>

José Nicasio Quevedo Guerrero

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: 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 maíz (*zea mays l.*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 88-97. <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⁻¹), 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 weight, 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⁻¹), 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.

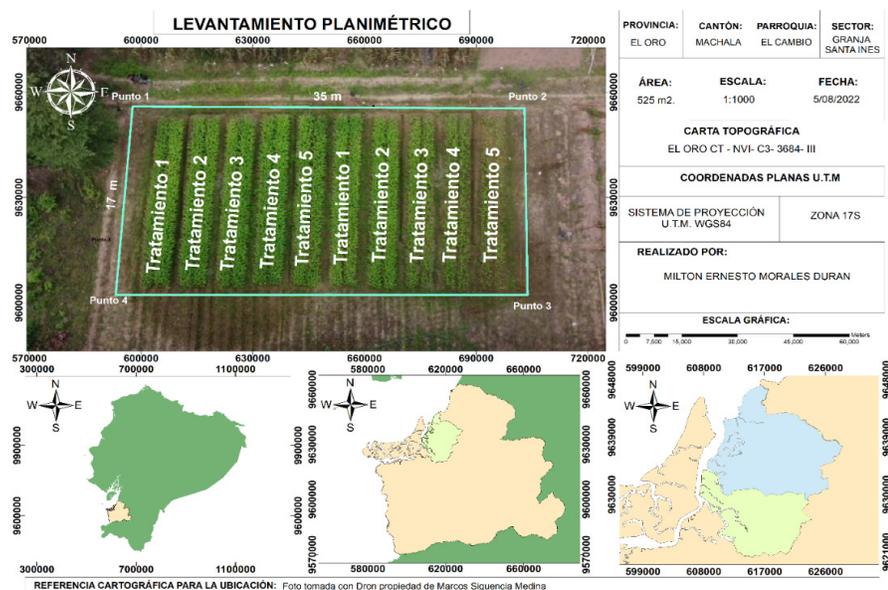


Figura 1. Ubicación y diseño experimental del área de estudio

Los materiales utilizados en el experimento fueron los siguientes:

Productos utilizados: Se utilizaron varios fitorreguladores: 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.

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.

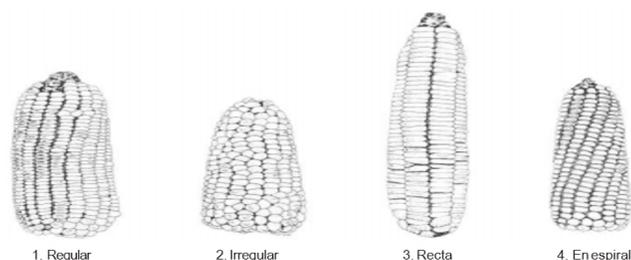


Figura 2. Disposición de las hileras de maíz

http://archivecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioiversity/publications/pdfs/104_Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_mais-cache=1415188810.pdf

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.

Peso de mazorca (Pmz): Se pesó la mazorca sin su cobertura cuyos valores son expresados en gramos (g).

Largo de mazorca (Lma): Se midió desde la base hasta el corazón a lo alto, es decir la longitud expresada en milímetros (mm).

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).

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).

Diámetro de Marlo (DMar): Se obtuvo mediante el uso del calibrador al medir el ancho del mismo, su valor en milímetros (mm).

Diámetro de raquis (DR): El raquis, ubicado debajo de la mazorca, la parte central (corazón) cuyo valor expresa en milímetros (mm).

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.

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).

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).

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).

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.

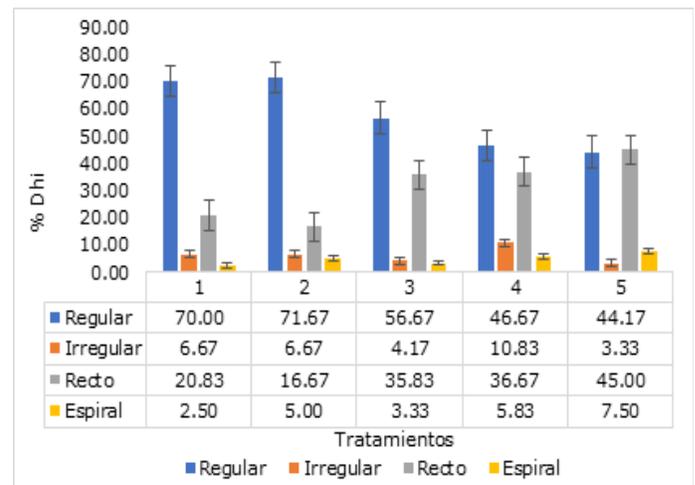


Figura 3. Porcentajes de disposición de hileras en la mazorca (Dhi)

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).

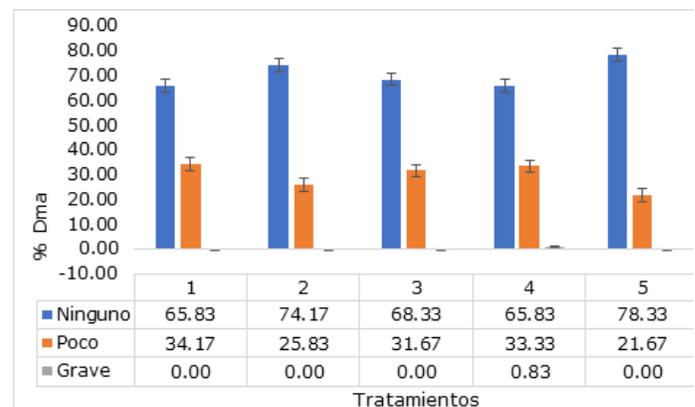


Figura 4. Medias y cuartiles para daños a la mazorca (Dma)

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.

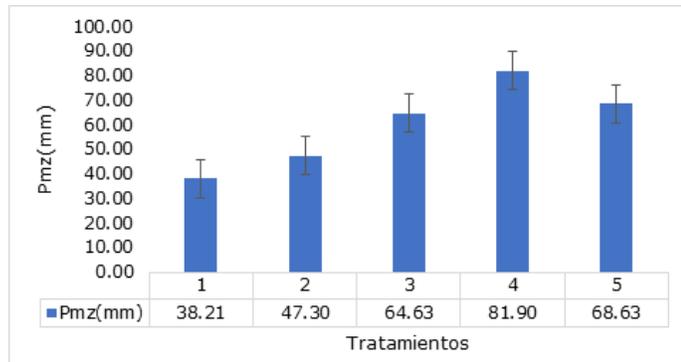


Figura 5. Medias y cuartiles para peso de mazorca (Pmz)

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.

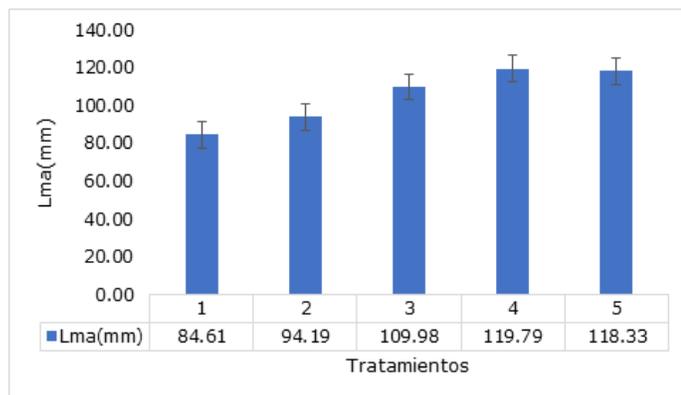


Figura 6. Medias y cuartiles para largo de mazorca (Lma)

Diámetro de mazorca (Dmz): 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.

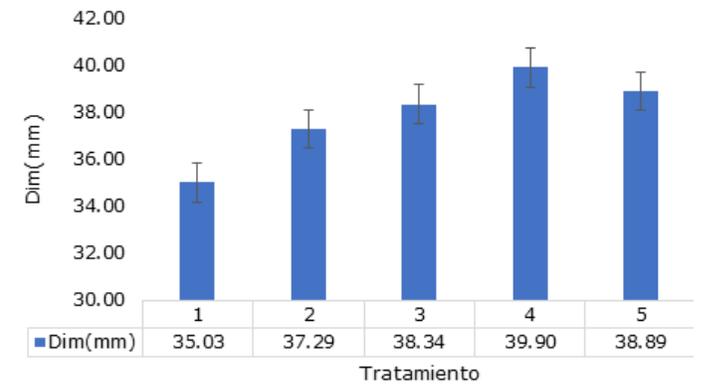


Figura 7. Medias y cuartiles para diámetro mazorca (Dim)

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.

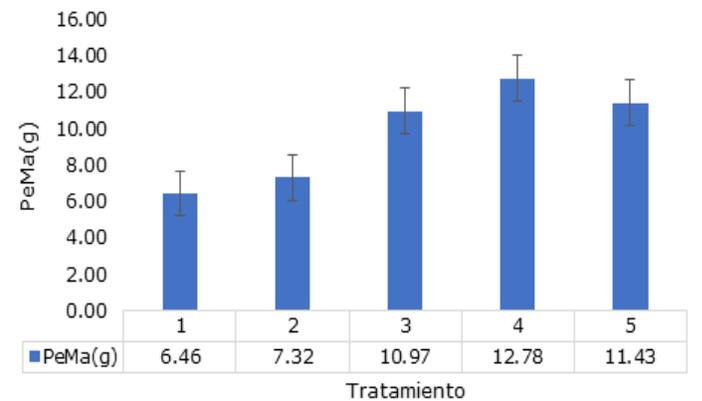


Figura 8. Medias y cuartiles para peso de Marlo (PeMa)

Diámetro marlo (DMar): El T4 obtuvo una media de 12.77 cm, mientras que el T1 un promedio de 6.43 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.

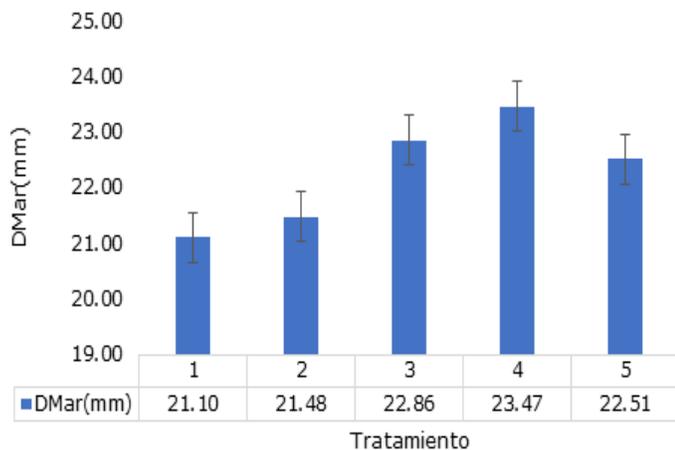


Figura 9. Medias y cuartiles para diámetro Marlo (DMar)

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.

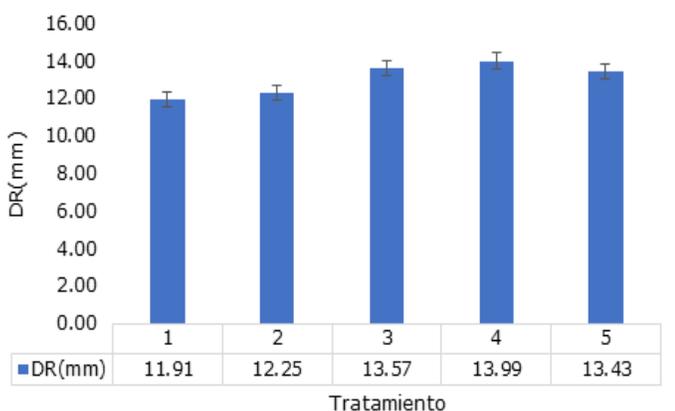


Figura 10. Medias y cuartiles para diámetro raquis (DR)

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

podrición de los granos y ataque de insectos (Díaz et al., 2009).

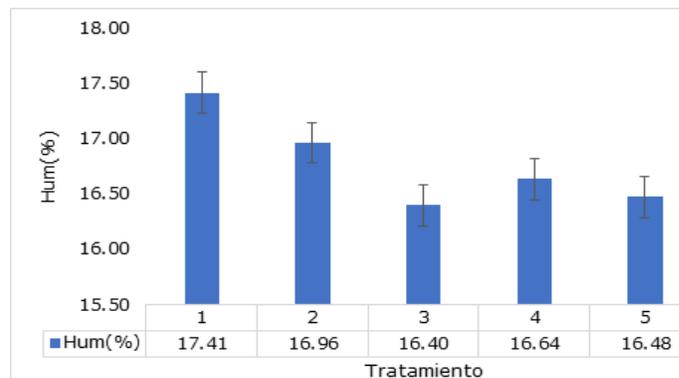


Figura 11. Medias y cuartiles para humedad del grano (Hum)

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 cultivares híbridas y solo desarrollan F1.

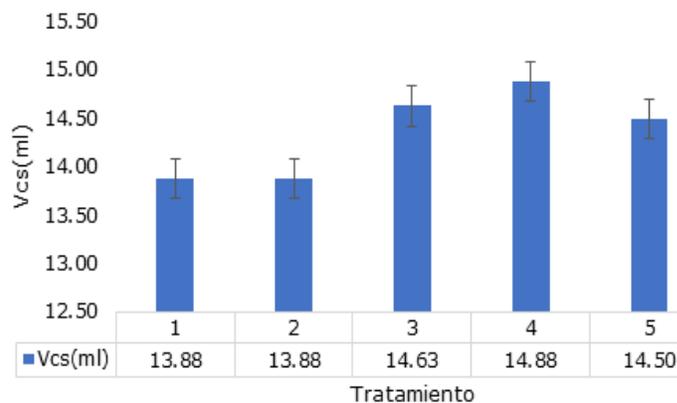


Figura 12. Medias y cuartiles para volumen de 100 semillas (Vcs)

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, agronómicamente 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.

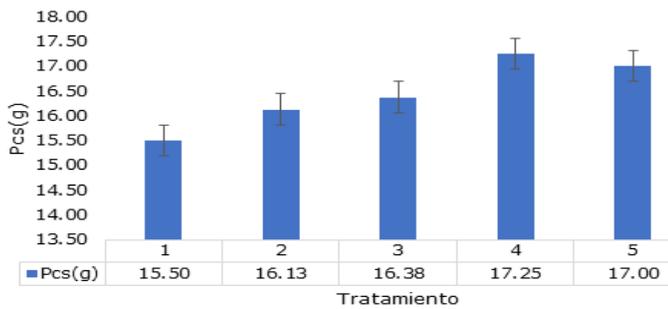


Figura 13. Medias y cuartiles para peso de 100 semillas (Pcs)

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.

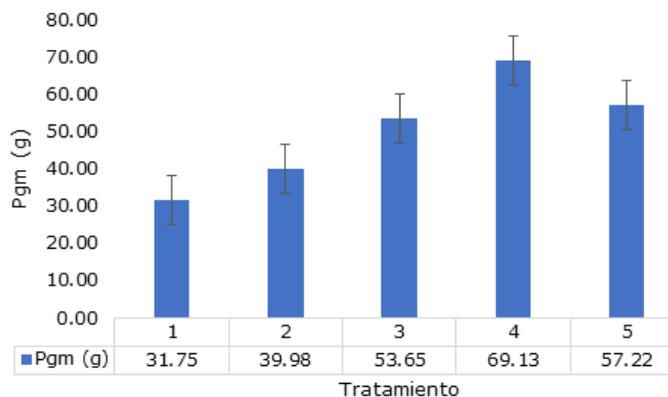


Figura 14. Medias y cuartiles para peso de granos por mazorca (Pgm)

Producción (Pro): El T4 con una media de 23,044.75 kg/ha⁻¹ 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⁻¹, 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⁻¹, donde la mayor producción fue la de 112,500 plantas/ha⁻¹ con un rendimiento de 11,690.97 kg/ha⁻¹, dejando entrever que el uso de este sistema de siembra es muy productivo con el manejo adecuado en todas sus etapas fenológicas.

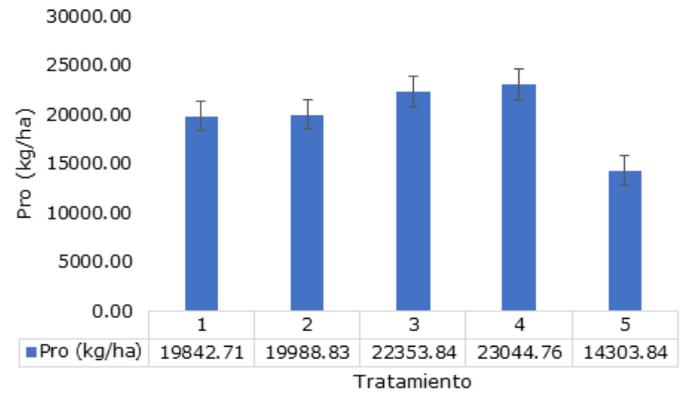


Figura 15. Medias y cuartiles para producción (Pgm)

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://efaidnbmnnnibpcajpcgcle-findmkaj/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/Dial-net-ComportamientoAgronomicoDeMaizZeaMaysLTI-poDulceBaj-2221458%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/Milton%20Morales/Downloads/Dial-net-ComportamientoAgronomicoDeMaizZeaMaysLTI-poDulceBaj-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://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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
- 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 Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 66(1), 6865-6880. <https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v66n1/v66n1a04.pdf>
- Pérez Rodríguez, Y., Padrón Padrón, W. R., & Alomá Ormas, 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 seleccion 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://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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 (PO₅, KCl Y Urea) en las variables fitométricas de tres genotipos de maíz (Zea mays) (Criollo Mexicano, Híbrido DK 234Y OGM-Pionner 30F35H). *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 15(2), 21-28. <https://doi.org/https://ojs.uni-pamplona.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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0805-3807>

José Nicasio Quevedo Guerrero

jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: 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(3), 98-106. <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⁻¹ 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, maracuyá, 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⁻¹ of the physiological regulator (Enerplant) improves the quality of the fruits, constituting an alternative to increase the productivity of the passion fruit crop and reducing the 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 m² 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-1	200 L	200 L	200 L	200 L	
Dosis edáfica/ha-1	27.7 kg	20.8 kg	27.7 kg	20.8 kg	
Plantas/ha-1	1 108	832	1 108	832	1 108
Prod. tn/ha-1	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⁻¹ en aplicación foliar, T2C1 (tutorado cordel) y el T2Parr (tutorado en parra) con 10 g de Enerplant * ha⁻¹ 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 m², la cual se preparó para el cultivo de maracuyá.

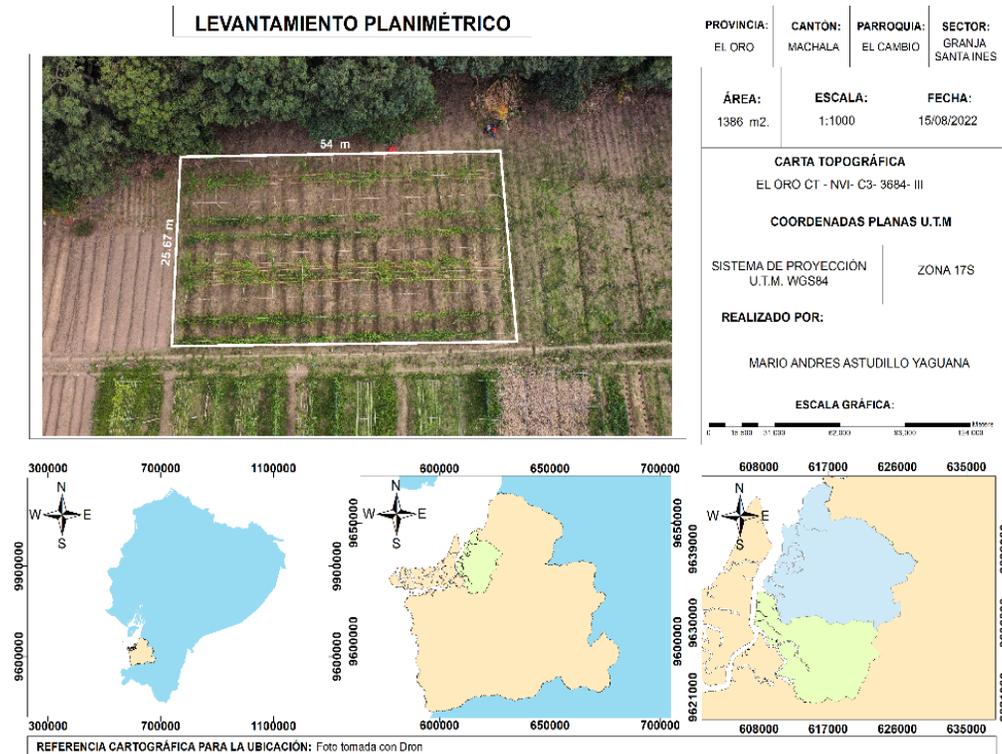


Figura 1. Ubicación y diseño experimental del área de estudio

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.

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).

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).

Diámetro del tallo (DT), Con la ayuda de un calibrador o pie de rey se logró obtener la medida exacta de esta variable que se expresa en centímetros (cm).

Número de frutos (NFR), Registramos el número total de frutos por planta.

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).

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.

Peso de la pulpa (PP), Con la balanza gramera se pesó la pulpa de cada fruto, este valor se lo expresa en gramos (g).

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).

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).

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 (%).

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/h¹

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)

Trat.	LH	AH	DT	NFR	PF	GB	PP	PC	PS	PJ	PH
T1C1	13.39a	15.21a	1.28b	20.35c	164.27b	13.84c	69.40c	90.29c	14.20c	32.06b	3.70c
T1Parr	13.64a	16.67a	1.35b	22.81c	141.45ab	13.70bc	59.63bc	78.45bc	13.45bc	31.46b	2.68c
T2C1	13.6a	16.17a	1.04a	14.72b	150.09ab	13.10ab	62.27c	81.81bc	11.09abc	25.97a	2.44b
T2Parr	13.91a	17.33a	0.95a	10.63ab	130.36a	12.57a	50.00ab	74.09ab	10.45ab	25.64a	1.15a
T3	12.77a	15.85a	0.96a	8.54a	127.27a	12.42a	45.36a	64.72a	9.27a	25.56a	1.20a
F	0.605	1,061	11,753	24,752	6,801	13,957	10,350	10,065	6,516	14.58	29.57
Sig.	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.

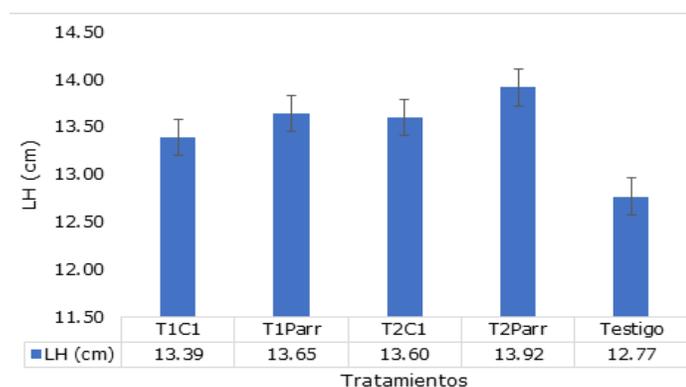


Figura 2. Medias y cuartiles para largo de la hoja (LH)

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.

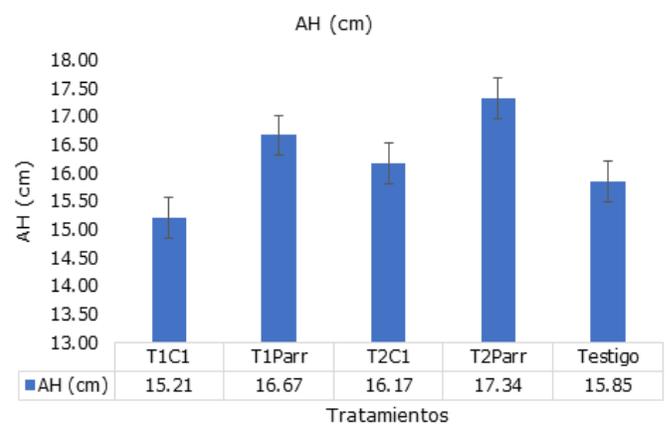


Figura 3. Medias y cuartiles para ancho de la hoja (AH)

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.

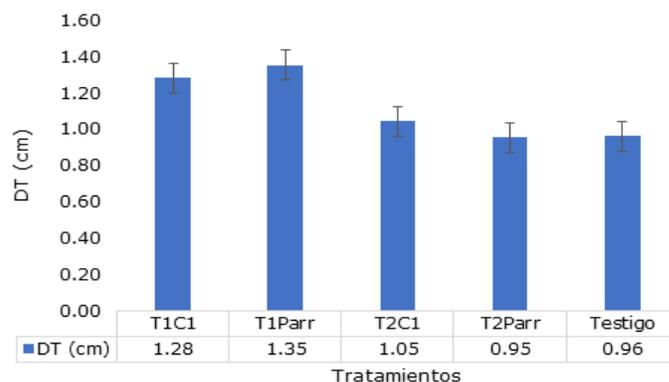


Figura 4. Medias y cuartiles para diámetro del tallo (DT)

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.

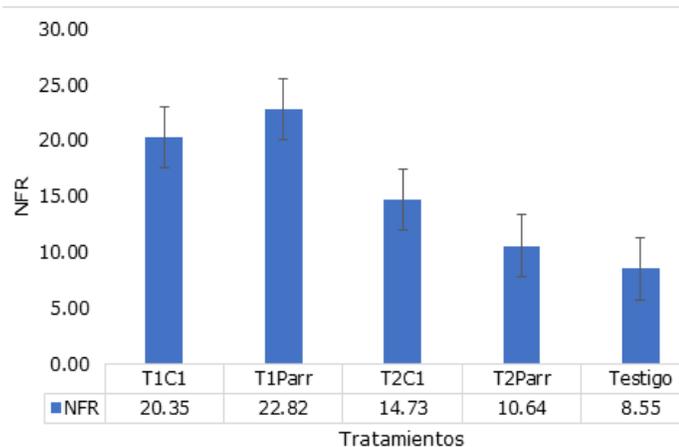


Figura 5. Medias y cuartiles para número de frutos (NFR)

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.

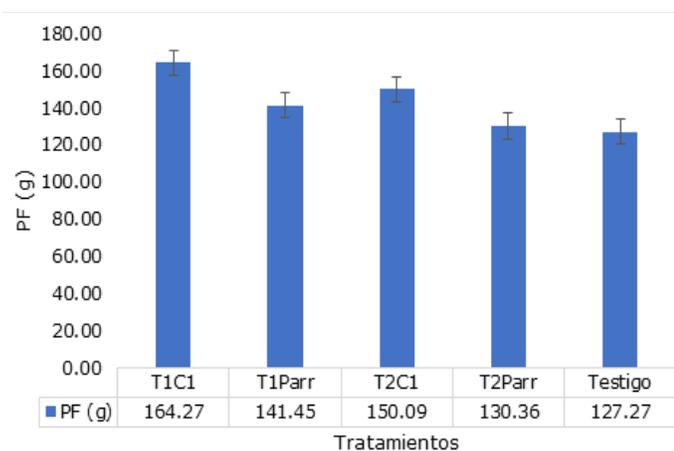


Figura 6. Medias y cuartiles para peso del fruto (PF)

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.

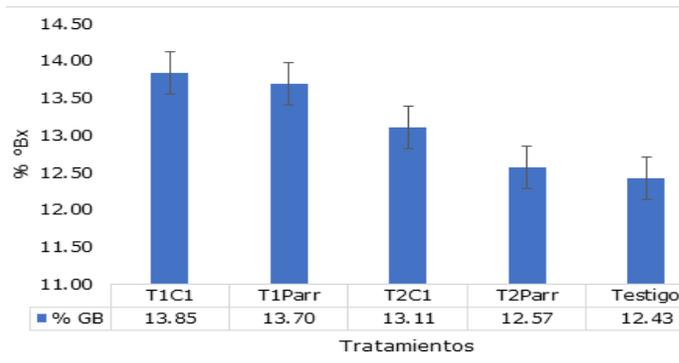


Figura 7. Medias y cuartiles para grados brix (GB)

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.

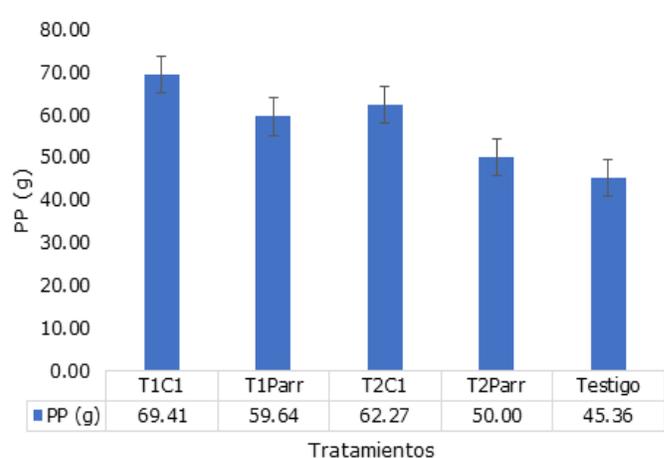


Figura 8. Medias y cuartiles para peso de la pulpa (PP)

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.

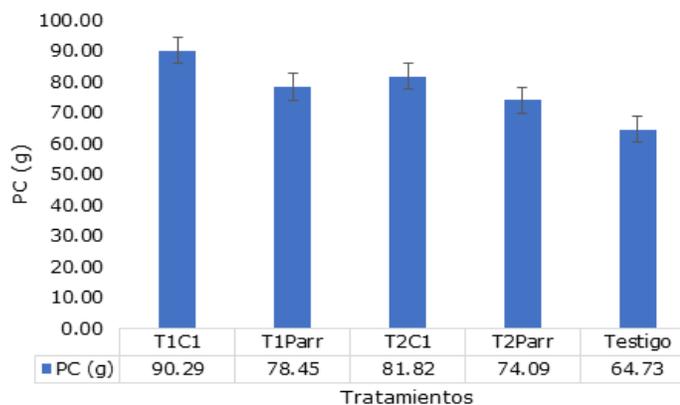


Figura 9. Medias y cuartiles para peso de la cáscara (PC)

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.

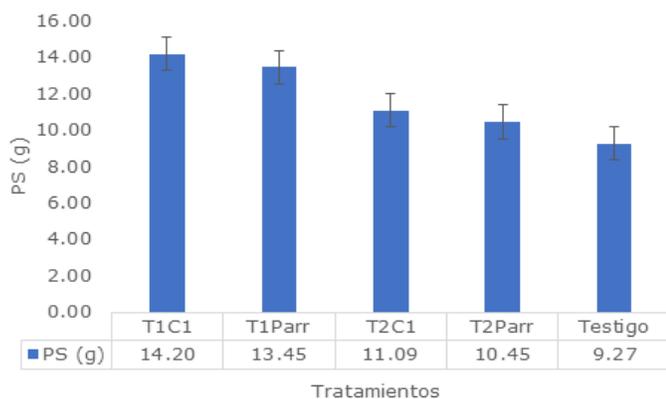


Figura 10. Medias y cuartiles para peso de semillas (PS)

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.

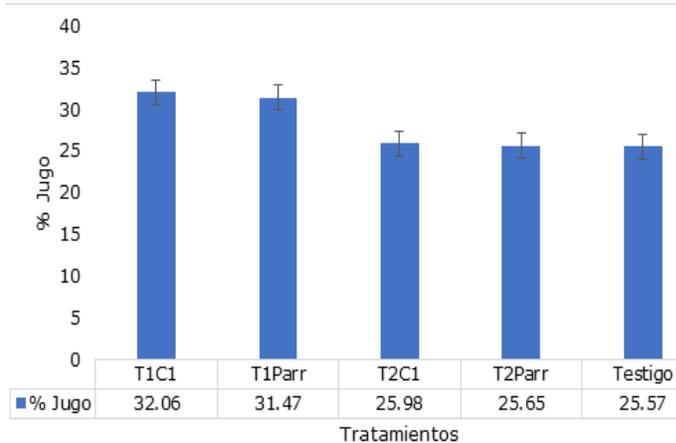


Figura 11. Medias y cuartiles para porcentaje de jugo (PJ)

Producción por hectárea (PH), El T1C1 obtuvo una producción de 3.7 tn/h⁻¹, mientras que el T2Parr presentó el rendimiento más bajo con 1.15 tn/h⁻¹. Quito & Segress, (2021) comentan que el rendimiento por hectarea 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⁻¹, evidenciando así que la aplicación de reguladores fisiológicos aportó a una mayor producción al cultivo.

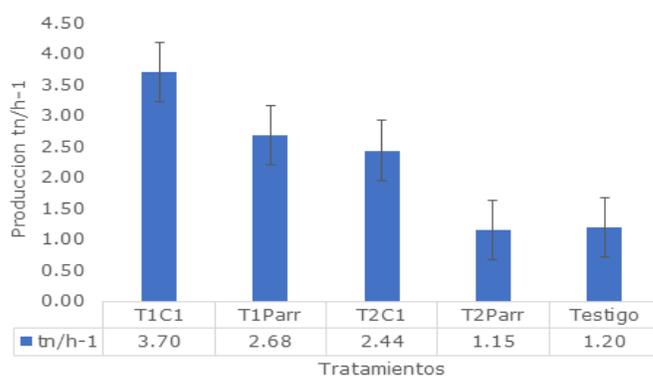


Figura 12. Medias y cuartiles para producción por hectárea (PH)

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⁻¹ 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 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
- Cabezas Quiñonez, K. J. (2021). *Efectos de la aplicación de tres fitohormonas en el cultivo del maracuyá (Passiflora edulis) en la parroquia Rosa Zarate*. Quindé: Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.ua-graria.edu.ec/Archivos/CABEZAS%20QUI%20C3%91O-NEZ%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_arttext&pid=S0123-42262008000200014
- Gomez Cruz, M. (2005). Mercado mundial del maracuyá. Revista vinculando. 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/redug/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
- 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. <https://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>

EFFECTO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS EN EL SISTEMA RADICULAR DEL BANANO

EFFECT OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI TO CONTROL NEMATODES ON BANANA ROOT SYSTEM

Carlos López Aguilar¹

E-mail: carlosluis.lopez@outlook.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3076-4979>

Salomón Barrezueta-Unda¹

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

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

Edison Jaramillo Aguilar¹

E-mail: ejaramillo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Aguilar, C., Barrezueta-Unda, S., Jaramillo Aguilar, E. (2022). Efecto de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 107-114. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos del producto MICOSPLAG® en las funcionalidades de las raíces y la altura de planta de banano. Se aplicó 100 g ha⁻¹ de MICOSPLAG® en siete bananeras en las provincias de Guayas y El Oro. La extracción de raíces se realizó entre la madre y el hijo de sucesión a una profundidad de 30 cm, luego las raíces fueron llevadas a un laboratorio para la cuantificación de nematodos medidos en 100 g de suelo. No existe diferencia significativa entre los valores por provincia de las variables peso de raíces funcionales y no funcionales, tampoco en el porcentaje de raíces funcionales. Pero se obtuvo un incremento del peso de raíces funcionales de 113,75 g a 153 g en las fincas de Guayas y de 121,50 g a 170 g en El Oro. El número de *Radopholus sp.*, al final del experimento fue de 3400 nematodos en Guayas y 1466 nematodos en El Oro. Mientras de *Helicotylenchus sp.*, la población aumentó a 4900 nematodos (Guayas) y de 9930 nematodos (El Oro). Se recomienda el uso de MICOSPLAG para incrementar el peso de raíces funcionales.

Palabras Clave:

*Muscaea*s; *Helicotylenchus spp.*; *Meloidogyne spp.*; nematocida, *Pratylenchus spp.*; suelo; *Radopholus similis*

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effects of the product MICOSPLAG® on root functionalities and banana plant height. A total of 100 g ha⁻¹ of MICOSPLAG® was applied in seven banana plantations in the provinces of Guayas and El Oro. Root extraction was carried out between the mother and son of succession at a depth of 30 cm, then the roots were taken to a laboratory for quantification of nematodes measured in 100 g of soil. There is no significant difference between the values per province of the variables weight of functional and non-functional roots, nor in the percentage of functional roots. However, there was an increase in the weight of functional roots from 113,75 g to 153 g in the Guayas farms and from 121,50 g to 170 g in El Oro. The number of *Radopholus sp.*, at the end of the experiment was 3400 nematodes in Guayas and 1466 nematodes in El Oro. The population of *Helicotylenchus sp.*, increased to 4900 nematodes (Guayas) and 9930 nematodes (El Oro). The use of MICOSPLAG is recommended to increase the weight of functional roots.

Keywords:

*Muscaea*s; *Helicotylenchus spp.*; *Meloidogyne spp.*; nematocide, *Pratylenchus spp.*; soil; *Radopholus similis*.

INTRODUCCIÓN

La producción de *Musa AAA* (banano) a nivel mundial está considerada como una de las fuentes más importantes de ingresos y empleo en todos los países donde se cultiva con fines comerciales (Fiallos-Cárdenas et al., 2022). Por otra parte, su fruta tiene un alto valor nutricional para la población (Fiallos-Cárdenas et al., 2022; Olivares et al., 2020). Estos factores lo convierten en un eslabón importante para la seguridad alimentaria, tanto para los países donde se cultiva como en los mercados internacionales (Soto, 2011).

Sin embargo, para abastecer la demanda de banano a nivel mundial, los agricultores utilizan constantes dosis de fertilizantes para incrementar la producción y de pesticidas para controlar las plagas, entre ellas los nematodos fitoparásitos (Castillo-Arévalo, 2022). Pero este manejo de alto insumos externos enfocado en un modelo de agricultura intensiva, repercute de manera negativa en el suelo, disminuyendo la actividad biológica (Castillo-Arévalo, 2022; Olivares et al., 2020). Por otra parte, muchos de estos patógenos han generado resistencia a los pesticidas (nematicidas, insecticidas y fungicidas). En este marco, fitonematodos y artrópodos al no tener antagonistas, penetran las raíces de los bananos, formando galerías por donde ingresan otros patógenos (hongos, bacterias y virus) que afectando en corto plazo al desarrollo del sistema radicular (Aguirre et al., 2016; Araya y Blanco, 2001).

Las fluctuaciones de la comunidad de nematodos parásitos sean estos endorrizosféricos o ectorrizosféricos, en banano comercial ha sido abordado por varios investigadores, pero no a profundidad en la zona sur del Ecuador (Adriano-Anaya, Herrera-López, Albores-Flores, Salvador-Figueroa, y Velasco-Zebadua., 2008; Aguirre et al., 2016; Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009). Dadas las condiciones de alta humedad, suelos franco arcillosos y por las aplicaciones de pesticidas pudiera en corto tiempo incrementar las poblaciones de nematodos identificados en banano como: *Radopholus similis*, *Helicotylenchus spp.*, *Meloidogyne spp.* and *Pratylenchus spp.* (Araya y Blanco, 2001; Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009; Chávez y Araya, 2010). Las características de nematodos identificados en banano se describen a continuación (Tabla 1).

Tabla 1.- Características de los principales nematodos que predominan en la rizosfera del banano

Nematodo	Tipo de parasitismo	Nombre común
<i>Radopholus similis</i> (Cobb)	endoparásito migratorio	Nematodo barrenador
<i>Helicotylenchus spp</i>	ecto-endoparásitos	Nematodo espiral
<i>Meloidogyne spp</i>	endoparásitos sedentarios	Nematodos formadores de agallas radiculares
<i>Pratylenchus coffeae</i>	endoparásito migratorio	Nematodo lesionado de raíces

Fuente: (Guzmán Piedrahita, 2011)

En este ámbito, los fitonematodos son microorganismos que se encuentran en el suelo como parásitos facultativos se controla mediante productos químicos (nematicidas) no selectivos (Araya & Vargas, 2018). La aplicación regular de nematicidas no fumigantes es la práctica más utilizada para el control de nematodos (Aguirre et al., 2016; Lazo-Pérez et al., 2017). Una alternativa al control químico son las prácticas de enmiendas a suelo con abonos orgánicos, pero este manejo es limitado, debido a que no elimina los nematodos solo ocasiona que se alimente de la materia orgánica (Castillo-Arévalo, 2022). Luego su capacidad de patógeno facultativo le permite seleccionar si continúa en la materia orgánica del suelo cuando esta disminuye y se mueva a las raíces del banano (Lazo-Pérez et al., 2017).

Pero existen otras alternativas biológicas que podrían ayudar a afrontar esta problemática, como es el caso de los hongos entomopatógenos como: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae* (Lazo-Pérez et al., 2017). Pero el efecto de estos hongos puede ser mayor al ser aplicadas al suelo como esporas latentes de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* (Vidaurre Barahona et al., 2020). Los hongos entomopatógenos son un amplio grupo de microorganismos que proveen al sistema suelo-planta múltiples servicios, entre estos está la capacidad de regular los fitonematodos de tipo facultativo (Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). El modo de acción de los entomopatógeno es de tipo parasitario, pero previa a la aplicación al suelo, este debe estar con una buena disponibilidad de nutrientes en capacidad de campo (Lazo-Pérez et al., 2017). De esta forma las esporas latentes germinan y se establecen en el suelo y en las raíces, de esta forma se logra una biorregulación en el suelo (Vidaurre Barahona et al., 2020).

Por otra parte, la captura de los hongos con potencial entomopatógenos es complicada y en muchos de los casos, su eficacia es menor al efecto de aplicar abonos orgánicos (Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). Otro problema, está en que no existe la garantía de que se capturen las cepas efectivas de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*. Por este motivo es conveniente utilizar productos presentes en los mercados agrarios de las localidades, pero el efecto de estos productos también tiende a variar entre las diferentes zonas bananeras (Lazo-Pérez et al., 2017; Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). En este aspecto, las plantaciones de banano en suelos franco arenosos en climas de alta humedad y precipitación el efecto de los hongos entomopatógenos puede variar en relación a zona con otras condiciones edafoclimáticas (Lazo-Pérez et al., 2017; Villaseñor et al., 2020).

En este contexto, el objetivo de la investigación fue caracterizar los efectos de la aplicación de hongos entomopatógenos y tratamientos químicos y orgánicos en las funcionalidades de las raíces y la altura del banano en dos provincias en el litoral sur de Ecuador.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en siete predios bananeros en las provincias de Guayas (Balao y Guayaquil) y en El Oro (Machala, Santa Rosa y Pasaje). Todas las fincas bananeras están cultivadas con el clon Cavendish, con manejo convencional bajo un sistema de riego automatizado

y el control fitosanitario mediante aspersión aérea para el hongo de *Mycosphaerella fijiensis*. Los ciclos de fertilización se realizan en función de un análisis de suelo, con una frecuencia de cada 6 semanas. La ubicación geográfica, el clima y tipo de suelo para cada finca se detalla en la siguiente tabla (2).

Tabla 2. Ubicación geográfica y características de clima y suelo de las fincas donde se desarrolló el estudio

Provincia	Cantón	Finca	Coordenadas Geográficas	Clima	Suelo de orden
Guayas	Balao	San José	2°54'22" S/79°48'05" W	Tropical húmedo montano	Entisol
	Balao	Mercedes	2°56'08" S/79°46'35" W	Tropical húmedo montano	Entisol
	Balao	María de Lourdes	2°58'34" S/79°47'28" W	Tropical húmedo montano	Entisol
	Guayaquil	San Antonio	2°59'01" S/79°47'26" W	Tropical húmedo montano	Inceptisol
El Oro	Machala	Primavera	2°13'28" S/79°55'36" W	Tropical húmedo cálido	Alfisol
	Santa Rosa	Santa Rosa	3°25'46" S/79°57'07" W	Tropical húmedo cálido	Alfisol
	Pasaje	La Pio	3°22'24" S/79°50'22" W	Tropical húmedo cálido	Alfisol

Diseño de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y un nivel descriptivo, el diseño correspondió a un experimento cuasi experimental por carecer de testigo (ausente variable independiente en el tratamiento), pero si de un grupo de comparación o control (efecto similar al que produce la variable independiente del tratamiento a comparar). En cada finca se delimitó 2 ha donde se aplicó el producto comercial MICOSPLAG® en una sola dosis de 100 g ha⁻¹, el producto contiene esporas latentes de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*. En la otra hectárea se aplicó los productos del grupo control confirmado por el pesticida Fluopyram (500 cc ha⁻¹) y el hongo *Trichoderma spp* (5 l ha⁻¹). En Tabla 3, se detalla la finca, tratamientos y dosis

Tabla 3. Identificación de las fincas por provincia

Finca	Tratamientos	Dosis
San José	MICOSPLAG ¹ : Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
San José	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
Mercedes	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
Mercedes	Grupo Comparación: Pretest/Postest	Fluopyram 500 cc ha ⁻¹
María de Lourdes	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
María de Lourdes	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
San Antonio	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
San Antonio	Grupo Comparación: Pretest/Postest	Fluopyram 500 cc ha ⁻¹
Primavera	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹

Finca	Tratamientos	Dosis
Primavera	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
La Pio	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
La Pio	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹
Santa Rosa	MICOSPLAG: Pretest/Postest	100 g ha ⁻¹
Santa Rosa	Grupo Comparación: Pretest/Postest	<i>Trichoderma sp</i> 5 l ha ⁻¹

¹ MICOSPLAG®: esporas latentes de *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*

Preparación y aplicación de los tratamientos

Primero se mezcla el MICOSPLAG® en agua, luego se remueve hasta que se mezcle con el agua. A continuación, se colocó la mezcla al equipo de pulverización. Si queda polvo en el fondo, se recomienda repetir la operación. Los productos Fluopyram (nombre comercial: Verano) y *Trichoderma spp* se aplicaron siguiendo la recomendación del fabricante. Todos los productos fueron en capacidad de campo del suelo, luego realizaron tres pasadas en el drench entre la planta madre y el hijo de sucesión con una bomba mochila mecánica, la boquilla utilizada fue tipo abanico número.

Metodología de muestreo

Se realizó de esta forma un recorrido en zig zag en toda la parcela, cada 25 metros se tomó muestras de suelo entre la planta madre y el hijo de sucesión, a una distancia de 25 cm de las plantas se construyó un pozo de 30 cm x 30 cm y por 50 cm de profundidad, obteniendo un volumen de suelo de 13.500 cc. En cada pozo se tomó las raíces se guardan en una funda plástica hasta completar toda la parcela (Chávez-Velazco & Araya-Vargas, 2009). Luego

se lavan las raíces con agua destilada y se trasladan al laboratorio en refrigeración a 18 grados centígrados.

En el laboratorio fueron separadas raíces funcionales (blancas o cremosas que al abrirla no se observaron daños por insectos o aspecto de moho o mal olor) y no funcionales (necrosadas, con presencia de moho, mal olor y fragmentadas). Se procedió a pesar por cada categoría (funcional; no funcional) y luego la suma total de raíces para obtener el porcentaje de raíces funcionales. Luego fueron llevadas al laboratorio NEMALAB, donde se determinó las especies de nematodos presentes en las muestras. En laboratorio se utilizó la técnica del licuado y tamizado con observaciones al microscopio (Chávez-Velazco y Araya-Vargas, 2009).

Previo a la aplicación de cada tratamiento, se realizó una observación pre-test, para medir las variables en estudio: peso de raíces funcionales, peso de no funcionales y porcentaje de raíces funcionales. Después de aplicar los productos se vuelve a realizar la observación (post-test) y se registran los valores de las variables en estudio. Se completó el estudio con la medición de la altura de la planta de sucesión, desde la base del cormo hasta la bifurcación que se forma entre la emisión foliar y el pseudotallo.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico descriptivo para cada tratamiento y para el grupo control. También se realizó una prueba *T* para identificar las diferencias significativas entre las dos provincias donde se ubican las fincas. El proceso se realizó en una hoja de excel y en el programa SPSS (SPSS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 3, se muestran los valores iniciales de la investigación (pretest), donde se observa diferencias significativas en las variables de *Radopholus spp.*, y *Pratylenchus spa.* ($p > 0,05$). En las otras variables solo se observan diferencias numéricas. El peso y porcentaje de las raíces funcionales determinadas en El Oro fueron de 121,50 g y 43,17 % respectivamente; valores que superaron a los obtenidos en las fincas de la provincia del Guayas (113,75 g; 66,75 %). Mientras que el peso de las raíces no funcionales en Guayas (66,75 g) fue superior al obtenido en El Oro (43,17 g). Araya y Blanco (2001) tampoco encontró diferencias estadísticas en el porcentaje de raíz funcional del banano, pero en finca que se adiciono compost en el hijo de sucesión. Aguirre et al., (2016) explican que la fluctuación en el peso de las raíces funcional y no funcional responden a variables climáticas (precipitación), a las condiciones edáficas y el manejo del cultivo, en este caso la mayor precipitación y suelo de clase textural arcilloso puede incidir en estas variables.

En cuanto a la población de nematodos los valores fueron mayores en las fincas de Guayas. El mayor registro corresponde a *Helicotylenchus sp.*, con 7600 nematodos por 100 g de raíces, seguido por *Pratylenchus sp.*, y *Radopholus spp.*, con 3825 y 3300 nematodos por 100 g de raíces, respectivamente. En El Oro los valores fueron de 6983,33,

766,67 y 2066,67 nematodos por 100 g de raíces para *Helicotylenchus sp.*, *Pratylenchus sp.*, y *Radopholus spp.*, respectivamente. Por otra parte, *Meloidogyne sp.*, fluctuó 1250 y 1016 nematodos por 100 g de raíces para Guayas y El Oro, respectivamente. La cantidad de nematodos *Radopholus spp.*, y *Helicotylenchus sp.*, contrasta con las determinadas por Araya y Vargas (2018) y por Aguirre et al., (2016) en fincas de Costa Rica y Ecuador, donde la distribución porcentual en las raíces del banano es dominada por *Radopholus sp.* Adriano-Anaya et al., (2008) en estudios realizados en Chiapas, México indican que en fincas con más de años de explotación el número de nematodo del género *Radopholus sp.*, varía entre 2030 a 15556 nematodos en 100 g de raíz. Para Adriano-Anaya et al., (2008) los valores de nematodos parásitos en banano deben sobrepasar los 10000 especímenes por 100 g de suelo.

Tabla 3. Prueba T para las variables raíz funcional, raíz no funcional, porcentaje de raíz funcional y nematodos

Variables	Provincia	Media	Desv. Desviación	Sig. 0,05
Raíz funcional	Guayas	113,75	50,87	0,375
	El Oro	121,50	88,63	
Raíz no funcional	Guayas	66,75	37,05	0,489
	El Oro	43,17	44,68	
%Raíz funcional	Guayas	60,31	11,27	0,386
	El Oro	73,52	14,35	
Radopholus sp.	Guayas	3300,00	3308,98	0,003
	El Oro	2066,67	1154,70	
Helicotylenchus sp.	Guayas	7600,00	4444,62	0,711
	El Oro	6983,33	6328,84	
Meloidogyne sp.	Guayas	1250,00	1353,51	0,203
	El Oro	1016,67	916,35	
Pratylenchus sp.	Guayas	3825,00	4969,71	0,01
	El Oro	766,67	790,09	

El peso de raíces funcionales después de aplicar el tratamiento con MICOSPLAG y la *Trichoderma sp.*, en el grupo control aumentó de 121,50 g (pretest, Tabla 3) a 133,67 g y 173 g postest en El Oro (Figura 1A). Mientras que el grupo control disminuye el peso de raíces funcionales de 113,75 g (pretest, Tabla 3) a 88,25 g de raíces, pero en el tratamiento con MICOSPLAG el incremento fue de 153 g de raíces funcionales como se observa en la Figura 1A. Valores muy superiores a los determinados por Vargas et al., (2015) que variaron entre 27 g a 30 g en tratamientos con *Trichoderma sp.* y nematicidas químicos.

Las raíces no funcionales después de aplicar los tratamientos muestran valores superiores en MICOSPLAS (Guayas 75 g de raíces funcionales; El Oro 70,67 g de raíces funcionales). En el caso de los productos aplicados en el grupo control los valores fueron 48,5 g de raíces no funcionales (Figura 1B), efecto que puede estar relacionado al suelo y al manejo de las plantaciones. En suelos muy pesados con continuos turnos de riego pueden causar pudrición de la masa radicular en los primeros 15 cm del suelo (Lazo-Pérez et al., 2017).

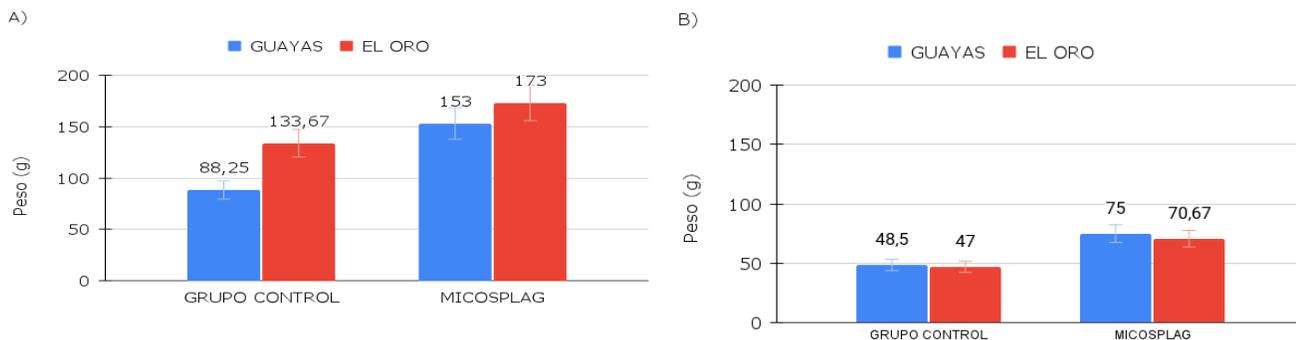


Figura 1. Estado sanitario de raíces: A) Peso (g) de Raíces funcionales; B) Peso (g) de Raíces no funcionales

El porcentaje de raíces funcionales postest, se incrementó en Guayas tanto en el grupo control como en las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG. En El Oro este porcentaje bajó a 68,49 % frente al pretest, mientras que en el grupo control el porcentaje subió a 76,10 %. Los porcentajes de raíces funcionales fueron inferiores a los encontrados por Vargas et al., (2015) con valores en tratamientos con *Trichoderma spp.* de 79 % de raíces funcionales. Los trabajos de Vargas et al., (2015) y Vargas-Calvo (2014), indican que el porcentaje de raíz funcional se incrementa en tratamiento con nematicidas (>80%).

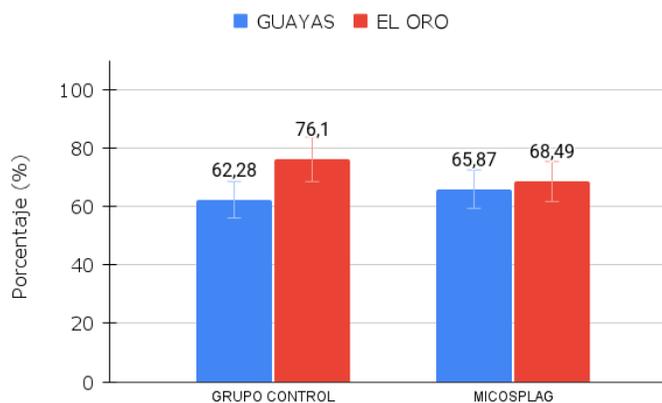


Figura 2. Porcentaje (%) de raíces

El número de nematodos en el registro postest se incrementó en Guayas con relación a los valores de *Radopholus sp.*, contabilizados en 100 g de raíces. En las parcelas tratadas con MICOSPLAG en Guayas fue de 3400 nematodos y en El Oro de 1466 nematodos, valores inferiores con relación al grupo control, donde se registró para Guayas 5500 nematodos y para El Oro 2533 nematodos (Figura 3A). Estos valores fueron bajos con relación a las mediciones de Araya et al., (2014) y Torres et al., (2016), que contabilizó más de 20000 nematodos por 100 g de raíz, en un control con enmiendas orgánicas y 9975

nematodos en 100 g de raíz, tratados con nematicidas, en ambos casos sembrados en domos.

Este efecto de incremento postest no se observó en *Meloidogyne sp.* Para las fincas de Guayas los valores fueron de 1000 nematodos *Meloidogyne sp.*, en 100 g de raíz para el tratamiento con MICOSPLAG y el grupo control. En El Oro los valores de *Meloidogyne sp.* se redujeron de 733,33 nematodos (MICOSPLAG) y 533,33 (Grupo Control). Valores altos en relación con los registros de Araya et al., (2014) y Araya y Vargas (2018), pero estos resultados de *Meloidogyne sp.*, igual es bajo (> 1000 nematodos por 100 g de suelo, umbral crítico) y puede estar relacionado como lo explica Chávez y Araya (2010) a una competencia con *Radopholus sp.*, nematodo encontrado en los nódulos que forman en las raíces, espacio habitual donde se encuentran *Meloidogyne sp.*

Para *Pratylenchus sp.*, los valores en Guayas se redujeron considerablemente (MICOSPLAS 450; Grupo Control 400) con respecto al registro pretest. Pero en El Oro los valores de *Pratylenchus sp.*, se incrementaron 933,33 nematodos (MICOSPLAG) y 800 nematodos (Grupo Control). Valores bajos en relación con los registros de Araya et al., (2014). Araya et al., (2014) también indica que la fluctuación de este nematodo tiene relación con la precipitación, hecho que corrobora Sundararaju (2002), al registrar la fluctuación población en banano de varias especies de *Pratylenchus sp.*, en banano y otros cultivos en la India.

El número de *Helicotylenchus sp.*, descendió en las fincas de Guayas a 4900 nematodos en 100 de raíz en el grupo control, mientras que las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG la población se incrementaron considerablemente en El Oro (9930 nematodos). Aunque *Helicotylenchus sp.*, es un nematodo que en orden de prevalencia es segundo después de *Radopholus sp.*, su capacidad de ectoparásito migratorio puede que este número de nematodos no afecte de manera significativa a las raíces, debido que el porcentaje de raíces funcionales se incrementó. Por otra parte, el ciclo de vida es más largo en *Helicotylenchus sp.*, (45 días) en comparación con *Radopholus sp.*, que solo demora 26 días (Araya & Vargas, 2018). En este caso cuando se realizó el

muestreo pretest, la población de *Helicotylenchus sp.*, se encontraba en la fase biológica de huevo.

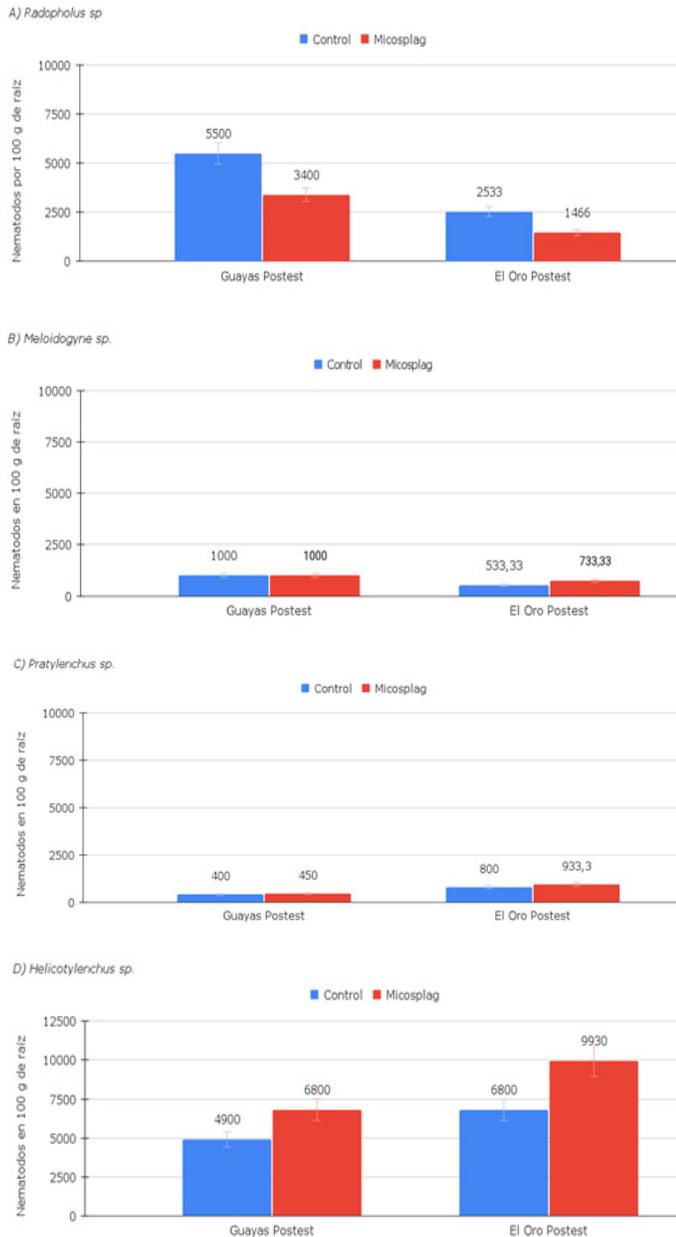


Figura 3. Cuantificación de nematodos en raíces: A) *Radopholus sp.*; B) *Meloidogyne sp.*; C) *Pratylenchus sp.*; d) *Helicotylenchus sp.*

Los valores pretest en las fincas de Guayas variaron entre 1,12 m a 1,17 m en el tratamiento MICOSPLAG y de 1,13 m a 1,19 en el grupo control (Figura 4A). Se observa un mayor crecimiento en el tratamiento con MICOSPLAG postest, el mayor valor fue de 1,49 m, seguido de 1,41 m, mientras en el grupo control los valores más altos fueron de 1,36 m y 1,35 cm. En El Oro, los valores pretest fluctuaron entre 1,06 m y 1,24 m para el tratamiento MICOSPLAG y entre 1,15 m y 1,35 m para el grupo control valores que

se incrementaron entre 1,25 m y 1,49 m y de 1,29 m a 1,41 m, respectivamente. Valores de crecimiento adecuados para las ocho semanas de observación entre el pretest y el postest (Quevedo-Guerrero et al., 2019). Par Rodríguez et al., (2006) crecimiento de la planta sucesora está en relación con la planta madre, en este caso las plantas no fueron cosechadas al momento de tomar los datos; por tanto, el crecimiento pudo estar limitado a este factor. Por otra parte, el aumento en la altura del hijo de sucesión está dado por el aumento de la biomasa radicular como lo indica

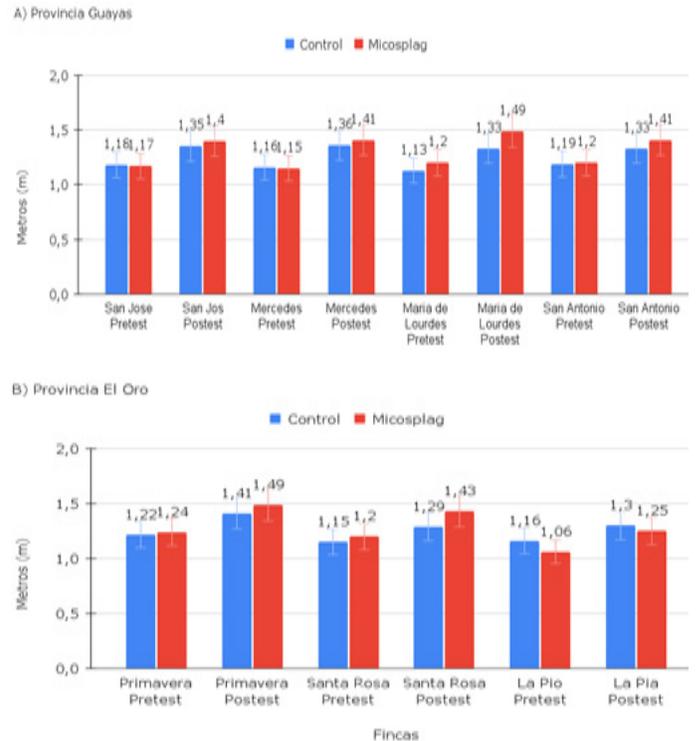


Figura 4. Crecimiento de la planta de sucesión de banano: A) Provincia Guayas; B) Provincia El Oro.

CONCLUSIONES

No existe diferencia significativa entre los valores por provincia de las variables peso de raíces funcionales y no funcionales, tampoco en el porcentaje de raíces funcionales. Pero se obtuvo un incremento a favor del tratamiento con MICOSPLAG del peso de raíces funcionales de banano en las fincas bananeras de Guayas y El Oro. El porcentaje de raíces funcionales en Guayas se incrementó en más de 5% con respecto a la medición previa en las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG, pero en El Oro esta variable fue mayor en el grupo control, pero con valores inferiores al determinado en la medición pretest.

La mayor población de nematodos en 100 g de suelo fue *Helicotylenchus sp.*, registro que no concuerda con otras investigaciones donde *Radopholus sp.* es el nematodo con mayor número de individuos. Aunque los valores de *Radopholus sp.*, *Meloidogyne sp.*, *Pratylenchus sp.*, no

sobrepasan los umbrales críticos que describen otros investigadores.

El crecimiento de los hijos de sucesión fue mayor en las parcelas donde se aplicó MICOSPLAG, siendo los valores muy próximos entre las fincas de la provincia de Guayas y El Oro.

Se recomienda el uso de MICOSPLAG para fortalecer el estado de sanidad de las raíces y para el control de nematodos, pero en combinación de otros y prácticas agrícolas para incrementar el efecto de este consorcio de hongos entomopatógenos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriano-Anaya, M. D. L., Herrera-López, D., Albores-Flores, V., Salvador-Figueroa, M., & Velasco-Zebadua, M. E. (2008). Nematodos endorrizosféricos del banano (Musa AAA. subgrupo Cavendish) clon Grande naine en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 147-152.
- Aguirre, O., Chávez, C., Giraud, A., & Araya, M. (2016). Frequencies and population densities of plant-parasitic nematodes on banana (Musa AAA) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 61-73. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1.53915>
- Araya, M., & Blanco, F. (2001). Changes in the stratification and spatial distribution of the banana (musa aaa cv. grand naine) root system of poor, regular, and good developed plants. *Journal of plant nutrition*, 24(11), 1679-1693. <https://doi.org/10.1081/PLN-100107306>
- Araya, M., Tapia, A., Mata, R., Serrano, E., & Acuña, O. (2014). Efecto de la aplicación de compost y nematocida sobre la dinámica de las poblaciones de microorganismos, nematodos fitoparásitos del suelo y la salud del sistema radical en el cultivo del banano (Musa aaa) sembrado en domos. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 93-105.
- Araya, M., & Vargas, R. (2018). Frecuencia y densidades poblacionales de nematodos parásitos en plantaciones comerciales de banano (Musa AAA) muestreadas en el intermedio madre-hijo y al frente del hijo de sucesión. *Corbana*, 44(64), 71-96.
- Castillo-Arévalo, T. (2022). Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (Musa paradisiaca L.) en Rivas, Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*, 28(01), 95-102. <https://doi.org/10.5377/ruc.v28i01.14449>
- Chávez, C., & Araya, M. (2010). Spatial-temporal distribution of plant-parasitic nematodes in banana (Musa AAA) plantations in Ecuador. *Journal of applied biosciences*, 33, 2057-2069.
- 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), 361-369.
- Fiallos-Cárdenas, M., Pérez-Martínez, S., & Ramirez, A. D. (2022). Perspectives for the development of a circular bioeconomy around the banana value chain. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 541-555. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.014>
- Guzmán Piedrahita, O. (2011). El nematodo barrenador (Radopholus similis [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Luna Azul*, 33, 136-153. Lazo-Pérez, Y., Morales-Moreno, A., Elizabeth, G.-O. D. G. O.-V., Quintana-Crespo, Y., & I García-Arteaga, Y. (2017). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de Musa paradisiaca variedad valery. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(3), 191-200.
- Motta-Delgado, P. A., & Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77-90.
- Olivares, B. O., Araya-Alman, M., Acevedo-Opazo, C., Rey, J. C., Cañete-Salinas, P., Kurina, F. G., Balzarini, M., Lobo, D., Navas-Cortés, J. A., Landa, B. B., & Gómez, J. A. (2020). Relationship Between Soil Properties and Banana Productivity in the Two Main Cultivation Areas in Venezuela. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(4), 2512-2524. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00317-8>
- Quevedo-Guerrero, J., Delgado-Pontón, A., & Tuz-Guncay, I. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 190-197.
- Rodríguez, C., Cayón, G., & Mira, J. J. (2006). Influencia del pseudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa AAA Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 24(2), 274-279.
- Soto, M. (2011). Situación y avances tecnológicos en la producción bananera mundial. *Revista Brasileira de fruticultura*, 33(spe1), 6. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500004>
- SPSS. (2013). *SPSS Statistics for Windows* (Versión 21) [Computer software]. IBM Corp. <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/spss-predictive-analytics-enterprise>

- Sundararaju, P. (2002). Fluctuaciones estacionales de *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* en ciertos cultivares de banano. *Infomusa*, 11(1), 16-18. Torres, Y., Pablos-Heredero, C., Morantes, M., Rangel, J., Espinosa, J. A., Angón, E., & García, A. (2016). El papel de la mujer en la explotación de ganado bovino de doble propósito en Ecuador. *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 309-314.
- Vargas-Calvo, A. (2014). Efecto del desmane intensivo sobre el desarrollo del racimo de banano. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 85-98. <https://doi.org/85-98.2014>
- Vargas, R., Wang, A., Obregón, M., & Araya, M. (2015). Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematocida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 61-76.
- Villaseñor, D., Prado, R., Pereira da Silva, G., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. *Journal of plant nutrition*, 43(18), 2785-2796. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>

13

Recibido: septiembre, 2022 Aprobado: octubre, 2022 Publicado: diciembre, 2022

MODIFICACIÓN DE MICROCLIMAS: EVALUACIÓN DE GEOTEMPERATURAS CON DIFERENTES TIPOS DE MULCH Y EL USO DE TERMISTORES

MODIFICATION OF MICROCLIMATES: EVALUATION OF GEOTEMPERATURES WITH DIFFERENT TYPES OF MULCH AND THE USE OF THERMISTORS

Álvaro Francisco Narváez Orellana¹

Email: narvaezalv@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3724-8141>

Angel Eduardo Luna-Romero¹

Email: aeluna@utmachala.edu.ec

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

Flor Yelena Vega Jaramillo¹

Email: aeluna@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3827-4317>

¹ Universidad Técnica de Machala (UTMACH), El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Narváez Orellana, A. F., Luna-Romero, A.L., Vega Jaramillo, F.Y. (2022). Modificación de microclimas: evaluación de geotemperaturas con diferentes tipos de Mulch y el uso termistores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 115-123. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La producción agrícola está condicionada por el agua, existen diversas estrategias que optimiza el recurso hídrico, entre los que destaca el uso de mulch para la conservación del suelo y humedad, supresión de maleza, modificación de microclimas, entre otros. El objetivo fue evaluar las geotemperaturas con diferentes tipos de mulch y el uso de termistores para la modificación de microclimas. Se calibró termistores NTC, para obtener las propiedades físicas del suelo se realizó una calicata, las muestras fueron llevadas a laboratorio y se determinó densidad aparente, humedad gravimétrica, punto marchitez permanente, calor específico del suelo seco, se instaló en campo abierto los NTC por debajo de los mulch plástico (negro, azul, verde, rojo), mulch orgánico (tamo de arroz, coronta, aserrín, coco) y un control, a 0 y 10 cm. Con el análisis estadístico de las geotemperaturas se determinó que el aserrín y plástico rojo registraron temperaturas mayores con respecto al control, mientras que con el flujo neto de energía se estimó que los mulch plástico (rojo, azul y negro) pueden tener una mayor ganancia de energía con respecto al mulch orgánico.

Palabras clave:

Mulch, geotemperatura, modificación de microclima, flujo neto de calor.

ABSTRACT

Agricultural production is conditioned by water. There are various strategies that optimize water resources, among which the use of mulch for soil and moisture conservation, weed suppression, microclimate modification, among others. The objective was to evaluate the geotemperatures with different types of mulch and the use of thermistors for the modification of microclimates. NTC thermistors were calibrated, to obtain the physical properties of the soil, a pit was made, the samples were taken to the laboratory and apparent density, gravimetric humidity, permanent wilting point, specific heat of the dry soil were determined, the NTC was installed in the open field by below the plastic mulch (black, blue, green, red), organic mulch (rice mulch, coir, sawdust, coconut) and a control, at 0 and 10 cm. With the statistical analysis of the geotemperatures, it was determined that the sawdust and red plastic registered higher temperatures with respect to the control, while with the net flow of energy it was estimated that the plastic mulch (red, blue and black) may have a greater gain of energy relative to organic mulch.

Keywords:

Mulch, geotemperature, microclimate modification, net heat flux.

INTRODUCCIÓN

El agua es el principal factor que condiciona la producción en el sector agrícola, especialmente en zonas áridas y semiáridas; el patrón de distribución de la precipitación es afectado por la acción del cambio climático; por consiguiente, se complica la sostenibilidad de la agricultura; en este sentido, se han desarrollado diferentes técnicas y tecnologías para el uso racional del recurso hídrico, tales como: los sistemas de riego localizado, el riego deficitario, entre otras (Colak, 2021).

El uso de mulch, tanto orgánico como inorgánico, es otra estrategia que cumple con el propósito de mantener la humedad del suelo, pero también conserva la salud del suelo, modifica la temperatura, tanto del suelo (geotemperatura) como del aire, y aumenta la productividad; la selección del mulch para modificar los regímenes de geotemperatura depende de diversos factores, como el propósito del mulch, los tipos de suelo, el clima, entre otros; el intercambio de energía entre el suelo, el mulch y la atmósfera, este sistema tiene su grado de complejidad que vuelve difícil la selección del mejor mulch (Pramanik et al., 2015).

Asimismo, Mendonça et al., (2021) mencionan que el color del mulch plástico influye en el comportamiento de la energía radiante y, por consiguiente, en el microclima que puede afectar la geotemperatura. Por tanto, los regímenes térmicos del suelo se pueden modificar con el uso de diferentes mulch, por efecto de la radiación solar entrante; la geotemperatura de un suelo depende de la energía radiante absorbida por la superficie del suelo, el flujo de calor del perfil del suelo condicionado por las características térmicas del suelo y el intercambio de calor entre el suelo y el aire (Pramanik et al., 2015).

Los resultados positivos a través del uso del mulch ha derivado en la producción de una diversidad de materiales que tienen una serie de combinaciones de propiedades ópticas (reflectividad, absorción o transmisión) (Pramanik et al., 2015). El mulch plástico, es eficiente en la conservación de la humedad y control de la maleza; bajo este mulch, las propiedades del suelo como la geotemperatura, densidad aparente, estabilidad de los agregados y la disponibilidad de los nutrientes mejoraron; además, las características morfológicas y el rendimiento de los cultivos tienen un efecto positivo con el uso del mulch plástico, que modifica el microclima del suelo (Lalitha et al., 2010).

El mulch plástico transparente absorbe poca radiación solar, pero retiene gran parte del calor, debido al efecto de las gotas de agua condensadas debajo del mulch, que impiden la salida de la radiación de onda larga; por lo tanto, la temperatura diurna del suelo con mulch es mayor que el suelo desnudo (Lalitha et al., 2010). Por otro lado, el mulch plástico negro es el más utilizado en la producción de plantas, éste se caracteriza por absorber la mayoría de las longitudes de ondas visibles e infrarrojas de la radiación solar, pero también tiene la capacidad de

emitir la energía absorbida en forma de radiación térmica; la conductividad térmica del suelo es mayor que la del aire, por tanto, una gran proporción de la energía absorbida por el mulch puede transferirse por efecto de la conducción, lo que resulta en un aumento de la temperatura del perfil del suelo (Lalitha et al., 2010; Pramanik et al., 2015; Mendonça et al., 2021).

Lalitha et al., (2010) mencionan que las geotemperaturas, bajo el mulch plástico negro, son generalmente mayor en las profundidades de 5 y 10 cm comparados a escenario de un suelo desnudo. Asimismo, Pramanik et al., (2015) menciona que en ensayos con mulch, la geotemperatura más alta se registró bajo el mulch plástico negro, en un rango entre 2.2 a 3.4 °C mayor que en el suelo desnudo, este efecto fue más evidente en la etapa inicial del cultivo con menor aérea sombreada por el dosel. Sin embargo, temperaturas extremas, tanto del suelo como del aire, por encima de las óptimas pueden causar impactos negativos en el crecimiento de las plantas, Zhang et al., (2019) presentaron que el crecimiento de las raíces del cultivo de tomate fue restringido, tanto en longitud como en diámetro, por el estrés de las altas temperaturas del mulch plástico negro.

El mulch rojo es un color nuevo que se investiga, donde ya se han registrado resultados favorables, que además de mantener la humedad podría reducir la gravedad de la enfermedad del tizón temprano en tomate (Lalitha et al., 2010). You et al., (2021) mencionan que el mulch rojo, pero en material de papel biodegradable, por efecto de la transmisión, reflexión y absorción de la luz solar, tiene una mayor irradiancia azul-violeta y rojo-naranja (proporción 1:3); es decir, existe una mayor reflexión de la luz, y, por tanto, menos energía pasa a través del mulch, efecto que promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En la literatura está bien documentado el uso del mulch plástico para reducir la erosión del suelo y la conservación del agua (Mendonça et al., 2021; Pramanik et al., 2015). Sin embargo, el efecto del mulch sobre el manejo del suelo salino aún no está bien documentado; donde el mulch plástico al reducir la pérdida de agua por evaporación del suelo, podría proteger la salinización del suelo superficial por el agua subterránea; en este sentido, se evaluó el efecto del mulch plástico color azul, cumpliendo la función de elevar la temperatura del suelo y reducir la salinidad del suelo; con respecto a ésta última, redujo el 43% el valor de conductividad eléctrica en relación al tratamiento control (Asadul et al., 2018).

Mendonça et al. (2021) mencionan, para la temporada otoño-invierno, que el mulch plástico de color verde aumentó 2°C la geotemperatura a las 07H00 en comparación con el tratamiento control, en profundidades de 5 y 10 cm; resultados similares se registraron a las 14H00 con un incremento promedio de 2.54°C, es necesario resaltar que datos similares se obtuvieron con los mulch plástico de color oscuro (marrón y negro). Las geotemperaturas bajo mulch depende de las propiedades térmicas

específicas del material utilizado y de la radiación solar incidente (Pramanik et al., 2015).

Se ha mencionado los diversos efectos positivos del uso del mulch plástico, tales como: la modificación de la geotemperatura, reducción de la evapotranspiración, mejor control de malezas y reducción de la compactación del suelo (Briassoulis & Giannoulis, 2018); a escala global la demanda de mulch plástico aumentó, especialmente en Asia; más de 80000 km² de suelo agrícola se cubren cada año con plástico (Briassoulis & Giannoulis, 2018). Sin embargo, existe una serie de riesgos y efectos adversos; la mayoría del mulch están elaborados con polietileno, que no son biodegradables, lo que a largo plazo genera un riesgo ecológico (Ng et al., 2018).

Bajo el enfoque de una agricultura de sostenible se han utilizado mulch orgánico, donde varios estudios han demostrado que pueden lograr bloquear la luz visible, reducir la temperatura del suelo, y, por lo tanto, modificar el microclima; con la finalidad de alterar las condiciones necesarias para la germinación de maleza, que demuestra niveles aceptables de supresión de la maleza debido a la liberación de compuestos alelopáticos o al cambiar las características químicas del suelo (Zangouejad & Alebrahim, 2021). Además, este tipo de mulch también puede aumentar el contenido de humedad del suelo, reducir la evaporación y mejorar las propiedades del suelo, con la incorporación de materia orgánica, después de la incorporación de residuos al final de la cosecha (Zhang et al., 2019).

Zangouejad & Alebrahim, (2021), para el cultivo de tomate, probaron diversos materiales orgánicos como alternativa al uso convencional del mulch plástico, entre estos materiales están el tamo de arroz, residuos del maíz, aserrín, residuos de coco (triturado y picado); donde, a los 70 días después del trasplante (DDT) el aserrín y los tratamientos combinados con este material se obtuvo mejores resultados en la disminución de la densidad de malezas; mientras que a los 21 DDT, el tamo de arroz y residuos de maíz no presentaron diferencias significativas con respecto al tratamiento de mulch plástico negro. Por otro lado, Mendonça et al.,(2021), mencionan que el mulch de tamo de arroz resultó en una reducción de hasta 3°C en la geotemperatura en comparación con el tratamiento control, especialmente a las 14H00.

El mulch debe usarse ampliamente para la conservación del suelo y la humedad, modificación del microclima, es decir, modificar el régimen térmico del suelo (Pramanik et al., 2015). Por un lado, cada color de mulch plástico absorbe, transmite y refleja la radiación solar incidente de forma diferente, y resulta en distintas respuestas en la geotemperatura del suelo, por consiguiente, los efectos del mulch sobre el desarrollo y la producción de plantas aún no son concluyentes (Mendonça et al., 2021). Por otro lado, es necesario mejorar y optimizar el uso de materias primas orgánicas con el enfoque de mulch y comparar su eficacia con relación al mulch plástico. Por lo tanto, el

objetivo de la investigación fue evaluar las geotemperaturas con diferentes tipos de mulch y el uso de termistores para la modificación de microclimas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en condiciones de campo abierto, en granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador, a una altitud de 6 msnm; el régimen pluviométrico es unimodal con una marcada estacionalidad (Luna-Romero et al., 2018), con un periodo lluvioso de diciembre a mayo, con una precipitación media anual 1250 mm y una temperatura promedio anual que va en un rango entre 24 y 26°C (GAD Machala, 2015).

En la investigación se utilizó diferentes tipos de mulch, tanto plásticos de diferentes colores: negro (T1), azul (T2), verde (T3), rojo (T4), como orgánicos (restos vegetales): tamo de arroz (T5), coronta (T6), aserrín (T7), coco (T8), y un tratamiento control (T0, suelo sin mulch), cada unidad experimental (UE) tuvo una dimensión de 5 m por 1 m, bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres repeticiones.

La primera fase del experimento consistió en la calibración de termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC, por sus siglas en inglés), los NTC son ampliamente utilizados como transductores para medir y controlar la temperatura, entre otras variables físicas, estos elementos muestran una disminución en la resistencia eléctrica con el aumento de la temperatura, bajo un comportamiento de tipo no lineal (aproximadamente exponencial) (Sarkar et al., 2013), en este caso los NTC cumplieron la función de sensores de la temperatura del suelo. La calibración se realizó en laboratorio, se introdujo el termistor en un vaso de precipitados al igual que el termómetro de referencia (en este caso de mercurio), con un multímetro se midió la resistencia de los NTC para las temperaturas de 5, 25 y 50°C. Para la calibración se utilizó la ecuación de Steinhart-Hart (Steinhart & Hart, 1968):

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

Donde, T^{-1} es la temperatura inversa expresada en Kelvin, R es la resistencia expresada en ohmios (Ω) y A, B y C son las constantes que se ajustarán, para el ajuste de los coeficientes se determinó con el uso de tres ecuaciones a partir de las tres lecturas de temperaturas (5, 25 y 50°C), que finalmente se resolvió a través de determinantes. Esta ecuación describe con precisión las características de los NTC para un rango de entrada relativamente más amplio y, por lo tanto, es más realista (Pal et al., 2018), los valores de T^{-1} se llevaron a °C restando el valor de 273.15.

En una segunda fase, se determinó las propiedades físicas del suelo, clase textural de la parcela fue franco-arcillosa, información recabada de un análisis de suelo; para la calicata se realizó el siguiente proceso: se delimitó un

espacio de aproximadamente de 1 m por 2 m, se colocó suelo alrededor de tal forma que se asemejó a una poza, se agregó agua y finalmente se cubrió con plástico que impidió la pérdida de agua por evaporación, de acuerdo a la clase textural se muestreó tres días después a las profundidades de 0, 10 y 30 cm, con la ayuda de cilindros volumétricos; la densidad aparente (D_a) y la humedad gravimétrica (G_w) se determinaron en función al protocolo y ecuaciones propuestas por Lowery et al. (1996):

$$G_w = (m_{sh} - m_{ss} / m_{ss}) * 100$$

$$D_a = M_{ss} / V_t$$

Donde, G_w se expresa en porcentaje (%), m_{sh} es la masa de suelo húmedo y m_{ss} es la masa de suelo seco, ambos expresado en gr, V_t es el volumen de suelo expresado en cm^3 y D_a en $gr\ cm^{-3}$. La m_{ss} se determinó en estufa a $105^\circ C$ hasta que adquirió masa constante, para el V_t se midió el diámetro interno y la altura de los cilindros. El parámetro del punto de marchitez permanente (PMP) se estimó mediante la ecuación de Silva et al., (1988):

$$PMP = G_w * 0.74 - 5$$

Con los valores obtenidos se determinó el perfil vertical de G_w , PMP y D_a desde 0 (z_1) hasta 30 cm (z_3); asimismo, se estimó para las capas de 0 a 10 cm (z_1 - z_2) y de 10 a 30 cm (z_2 - z_3).

Otro parámetro físico que se determinó fue el calor específico del suelo seco (C_{ss}) para las diferentes profundidades de las muestras de suelo. El C_{ss} es la cantidad de calorías que se debería aplicar aun cuerpo para aumentar en $1^\circ C$ la unidad de masa, es decir, el suelo se calentará más rápido cuanto más bajo sea su C_{ss} ; además, el agua se calienta más lentamente que el suelo (el calor específico del agua es de una caloría por gramo), por consiguiente, éste se calienta más lentamente cuanto más húmedo está (Ruck et al., 2004).

Para el C_{ss} se utilizó un calorímetro siguiendo el procedimiento de Unsuhay (2002): la masa de suelo seco (m_{ss}) con calor específico (C_{ss}) se colocó la dentro del calorímetro de masa (m_R) y calor específico conocida (C_R); este sistema se ubicó en un ambiente (refrigeradora por un periodo mínimo de 12 horas) para que tanto el calorímetro como el suelo adquieran la temperatura de este ambiente, es decir, T_{IR} (temperatura inicial del calorímetro) y T_{IS} (temperatura inicial del suelo seco); agua con una masa (m_c) y calor específico conocido (C_c) se calentó a una temperatura (T_{IC} , temperatura inicial del agua caliente) aproximadamente entre 35 a $40^\circ C$; luego se colocó el agua caliente (m_c) en el calorímetro (m_R) y se agitó hasta que se observó una temperatura de equilibrio en la mezcla (T_F), el proceso de mezcla se realizó de manera muy rápida para evitar la pérdida de calor hacia el exterior; con los valores obtenidos se estableció la ecuación de calor ganado por el calorímetro y calor perdido por el agua de masa m_c , de donde se despeja C_{ss} :

$$m_R C_R (T_F - T_{IR}) + m_{ss} C_{ss} (T_F - T_{IS}) + m_c C_c (T_F - T_{IC}) = 0$$

La fase tres del ensayo consistió en la instalación de los termistores NTC, previamente calibrados, en cada tratamiento, a una profundidad de 0 (aproximadamente a 2 cm por debajo del mulch) y 10 cm (Ashrafuzzaman et al., 2011; Mendonça et al., 2021); los NTC, debidamente etiquetados, se ubicaron en un soporte (listón de madera), y, con el multímetro se realizó las lecturas en una frecuencia de una hora desde las 07H00 hasta las 19H00. El gradiente de temperatura en un sólido o fluido en movimiento es dT/dz , la tasa de conducción de calor por unidad de área (G) es directamente proporcional al gradiente térmico y la conductividad térmica del material (k); el flujo de calor esta dado por la siguiente ecuación (Unsuhay, 2002):

$$G = -k (dT / dz)$$

El signo negativo expresa que el calor se transfiere en la dirección de la disminución de la temperatura. Para reducir la ecuación anterior, se evaluó el flujo neto de calor (ΔG) en dos niveles, z_1 y z_2 (0 y 10 cm), el ΔG es equivalente al cambio de energía en el tiempo ($\Delta t = t_2 - t_1$) dentro del sistema ($\Delta z = z_2 - z_1$), expresada en esta nueva ecuación:

$$\Delta G = \frac{C}{2} [(T_{z2} + T_{z1})_f - (T_{z2} + T_{z1})_i] \frac{\Delta z}{\Delta t}$$

Donde, los subíndices i y f indican las lecturas de las geotemperaturas en un tiempo inicial y final de cada nivel o profundidad, esta ecuación permite calcular el ΔG en el suelo en función de la capacidad calorífica del suelo (C) y las tautócronas inicial y final a diferencia de la ecuación anterior que está en función de la conductividad térmica del material (k). La capacidad calorífica del suelo se estimó como el producto de la densidad aparente y el calor específico del suelo húmedo (C_s), es decir, $C = D_a * C_s$; para el C_s se utilizó la siguiente ecuación:

$$C_s = C_L U + C_{ss} (1 - U)$$

Donde, C_s se expresa en $cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1}$, C_L es el calor específico del suelo húmedo, U es la humedad del suelo (diferencia entre G_w y PMP), C_{ss} es el calor específico del suelo seco.

Para los cálculos de utilizó el lenguaje de programación R, en la estadística se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con la finalidad de determinar diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos, y las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Mendonça et al., 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se calibraron 18 termistores usando la ecuación de Steinhart & Hart (1968), en la Tabla 1 se detallan los coeficientes A, B y C.

Tabla 1. Lecturas de los termistores expresadas en ohmios (Ω) para las tres temperaturas (5, 25 y 50°C), y los coeficientes A, B y C de Steinhart & Hart (1968), expresado en notación científica, para la ecuación de cada termistor NTC

NTC	Resistencia (Ω)			Coeficientes		
	5°C	25°C	50°C	A	B	C
T1	25200	9600	2760	2.31×10^{-3}	5.60×10^{-5}	6.93×10^{-7}
T2	16300	6550	2910	-8.81×10^{-4}	5.76×10^{-4}	-1.12×10^{-6}
T3	21700	8100	2730	1.34×10^{-3}	2.15×10^{-4}	1.10×10^{-7}
T4	24700	9550	2420	2.87×10^{-3}	-3.36×10^{-5}	1.03×10^{-6}
T5	24300	8660	2530	1.89×10^{-3}	1.31×10^{-4}	3.74×10^{-7}
T6	24600	8800	2750	1.56×10^{-3}	1.81×10^{-4}	1.94×10^{-7}
T7	16600	5800	2150	4.33×10^{-4}	3.82×10^{-4}	-6.03×10^{-7}
T8	18800	6500	2480	9.19×10^{-5}	4.32×10^{-4}	-7.88×10^{-7}
T9	16200	6700	2630	8.05×10^{-4}	2.96×10^{-4}	-9.03×10^{-8}
T10	27200	10610	3580	1.55×10^{-3}	1.68×10^{-4}	3.09×10^{-7}
T11	27900	9470	2940	1.35×10^{-3}	2.17×10^{-4}	2.22×10^{-8}
T12	20600	8300	2700	2.03×10^{-3}	9.61×10^{-5}	6.27×10^{-7}
T13	19900	9730	3360	3.59×10^{-3}	-1.88×10^{-4}	1.92×10^{-6}
T14	19900	8180	2810	1.82×10^{-3}	1.26×10^{-4}	5.41×10^{-7}
T15	22000	9920	3320	2.82×10^{-3}	-4.94×10^{-5}	1.27×10^{-6}
T16	23800	10040	3290	2.33×10^{-3}	3.80×10^{-5}	8.64×10^{-7}
T17	24500	9580	2320	3.07×10^{-3}	-6.65×10^{-5}	1.16×10^{-6}
T18	26200	9670	3030	1.70×10^{-3}	1.55×10^{-4}	3.11×10^{-7}

Los parámetros físicos del suelo por niveles o profundidades se cuantifican en la Tabla 2, luego de ser procesadas las muestras en laboratorio se hicieron los respectivos cálculos de acuerdo a Lowery et al., (1996) y Unsihuy (2002), estos mismos valores se utilizaron para cálculos posteriores en la capacidad calorífica del suelo (C). Los valores por el perfil vertical de la calicata fueron: Da de 1.24 g cm^{-3} , Gw de 33.92% y PMP de 19.08%.

Tabla 2. Propiedades físicas del suelo para las tres profundidades de muestreo de la calicata, la densidad aparente (Da) expresada en g cm^{-3} , la humedad gravimétrica (Gw) y el punto de marchitez permanente (PMP) se expresan el porcentaje (%) y el calor específico del suelo seco (C_{ss}) se expresa en $\text{cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Profundidad (cm)	Da (g cm^{-3})	Gw (%)	PMP (%)	C_{ss} ($\text{cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
0	1.27	36.78	22.22	0.11
10	1.26	40.12	24.69	0.17
30	1.24	42.06	26.12	0.15

La geotemperatura en la capa superficial (0cm) aumentó gradualmente desde las horas de la mañana hasta que alcanzó valores máximos a las 15H00, este comportamiento fue muy similar en todos los mulch, luego la geotemperatura fue disminuyendo paulatinamente a excepción del mulch orgánico (Figura 1), los resultados concuerdan con Ashrafuzzaman et al., (2011) que trabajaron exclusivamente con mulch plástico. Los valores más bajos de geotemperaturas se registraron en el mulch verde, valores que se contraponen a lo reportado por Mendonça et al., (2021), que menciona un incremento de 2°C a las 7H00 y la disminución de 3°C en un mulch de tamo de arroz; mientras que en esta investigación los mulch orgánicos presentaron una tendencia de superar al control.

Es necesario destacar que las mediciones se realizó entre el periodo de julio-agosto, que de acuerdo a la estacionalidad de la climatología de la zona se caracteriza por la ausencia de lluvias (Luna-Romero et al., 2018), por consiguiente, bajas temperaturas; que incluso el tratamiento sin mulch (suelo desnudo) tiene una temperatura promedio por debajo de los 25°C .

Para la profundidad de 10 cm, las geotemperaturas más bajas se registraron en el tratamiento sin mulch; los valores más altos alcanzaron el mulch plástico rojo (Figura 2), este color se caracteriza por una mayor densidad de flujo fotones e irradiación (You et al., 2021), motivo por el cual tuvo valores bajos de geotemperaturas en la capa superficial, pero levemente superiores al mulch verde; sin embargo, en el tratamiento de mulch rojo ha logrado transferir mayor energía que conlleva a geotemperaturas más altas. Por tanto, el régimen térmico del suelo depende del flujo de calor hacia el suelo, condicionado por las propiedades térmicas del suelo (Pramanik et al., 2015).

La Figura 3 presenta el resultado del análisis estadístico para la capa superficial (0 cm), para las 7H00 (Figura 3a) las geotemperaturas más altas se registró en el aserrín (T7) y el tamo de arroz (T5), 24.1°C y 23.7°C, respectivamente, incrementando la temperatura en aproximadamente entre 0.9°C a 1.3°C en relación al suelo desnudo (22.7°C); la geotemperatura más baja se registró en mulch plástico verde con 8.9°C por debajo del control. A las 14H00, el control y el mulch de aserrín presentaron valores estadísticamente similares, 26°C y 25.5°C, respectivamente, el mulch de color verde evidenció una disminución de 10.8°C con respecto al control (Figura 3b), estos resultados confronta de los resultados de Mendonça et al., (2021). Se debe destacar que las geotemperaturas bajo el mulch dependen de las propiedades ópticas (reflectividad, absorción o transmisión) de los materiales y de la radiación solar incidente (Pramanik et al., 2015).

La geotemperatura para las 19H00, también muestra al mulch de aserrín como el mejor tratamiento desde el enfoque de elevar la temperatura; sin embargo, difiere levemente del control con 0.7°C, el mulch plástico verde nuevamente se mostró el valor más bajo con 9.8°C con relación al suelo desnudo, Zangoueinejad & Alebrahim, (2021), también presentaron buenos resultados con el mulch de aserrín, que incluso lo utilizaron en combinación otros materiales orgánicos con un enfoque de innovar alternativas frente al mulch plástico negro, que es el más usado en el sector agrícola (Lalitha et al., 2010; Pramanik et al., 2015); sin embargo, Zangoueinejad & Alebrahim utilizaron con fines de supresión de la maleza.

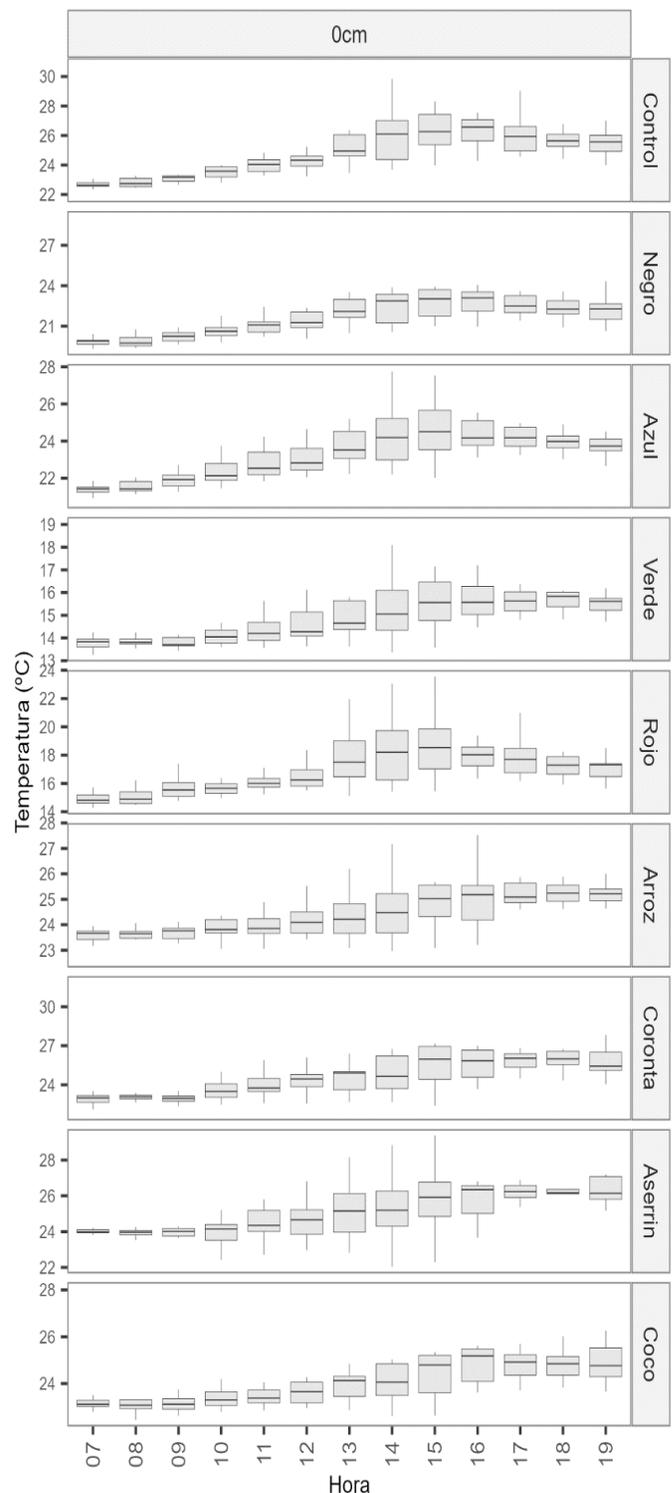


Figura 1. Geotemperaturas medidas a 0cm de profundidad para el mulch plástico y orgánico, desde las 7H00 hasta las 19H00, para el periodo de julio-agosto de 2022

Está bien documentado que el mulch plástico negro se caracteriza por absorber y transmitir más radiación de onda corta, por consiguiente, resulta en aumento de la temperatura del perfil del suelo (Mendonça et al., 2021), sin embargo, no se evidenció resultados favorables. Si

bien el mulch plástico negro y azul, no presentaron los valores más altos de temperatura, vale destacar que registraron el mismo comportamiento descrito por Asadul et al., (2018), el mulch azul tuvo temperaturas más altas que el color negro, tal como se muestra en la Figura 3 de la capa superficial para los tres escenarios de las 7H00, 14H00 y 19H00.

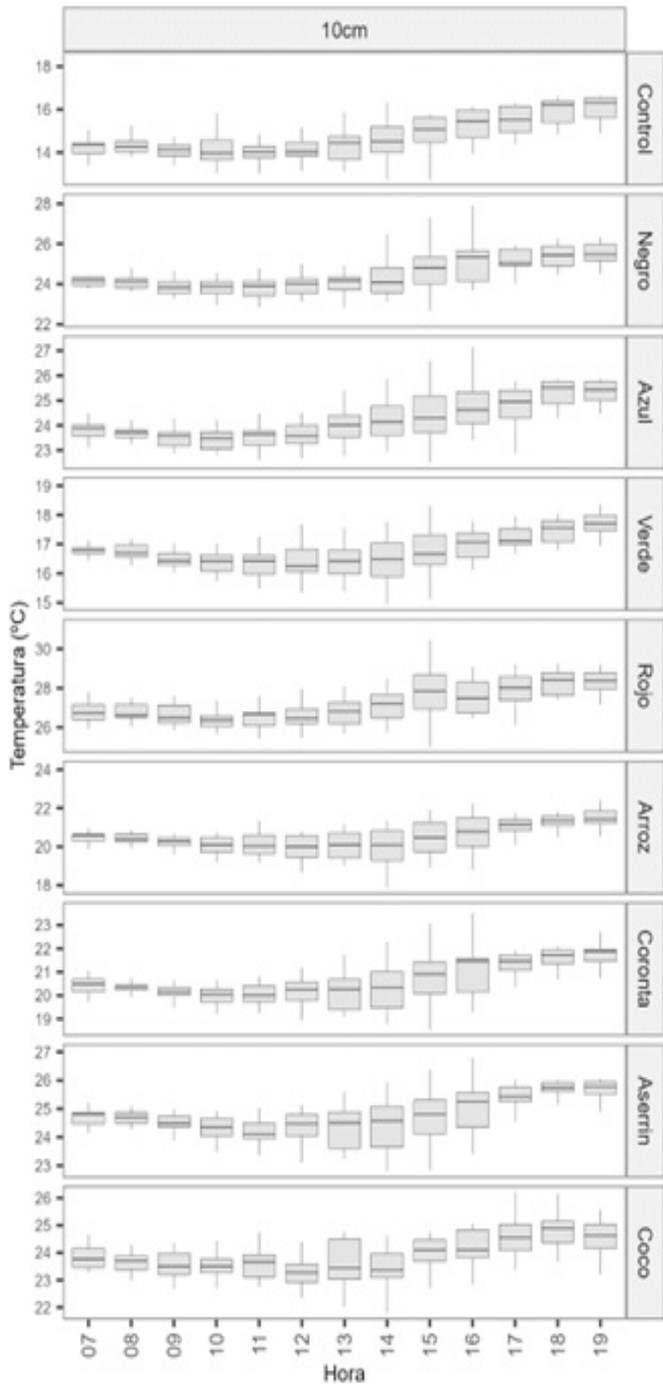


Figura 2. Geotemperaturas medidas a 10cm de profundidad para el mulch plástico y orgánico, desde las 7H00 hasta las 19H00, para el periodo de julio-agosto de 2022

En la profundidad de 10 cm el tratamiento de mulch plástico rojo, presentó los valores más altos a las 7H00 (26.9°C), 14H00 (27.2°C) y 19H00 (28.72°C), incrementando la temperatura entre 12.4°C a 12.7°C con relación al suelo desnudo (Figura 4), los resultados con respecto a este color son prometedores en virtud que es un color nuevo y que vienen realizando investigaciones con resultados favorables (Lalitha et al., 2010; You et al., 2021). Asimismo, el suelo sin mulch presentó los valores más bajos para las tres horas evaluadas, posiblemente la radiación que es absorbida por el suelo en la capa superficial y transferida a través del perfil, se pierde rápidamente por emisión de la radiación térmica. Los tratamientos de mulch plástico negro y azul, mulch de aserrín presentaron geotemperaturas que se colocaron por debajo del mulch de color rojo; mientras el plástico verde presentó los valores más bajos de temperatura, sin considerar el control que ya se mencionó que fue el más bajo.

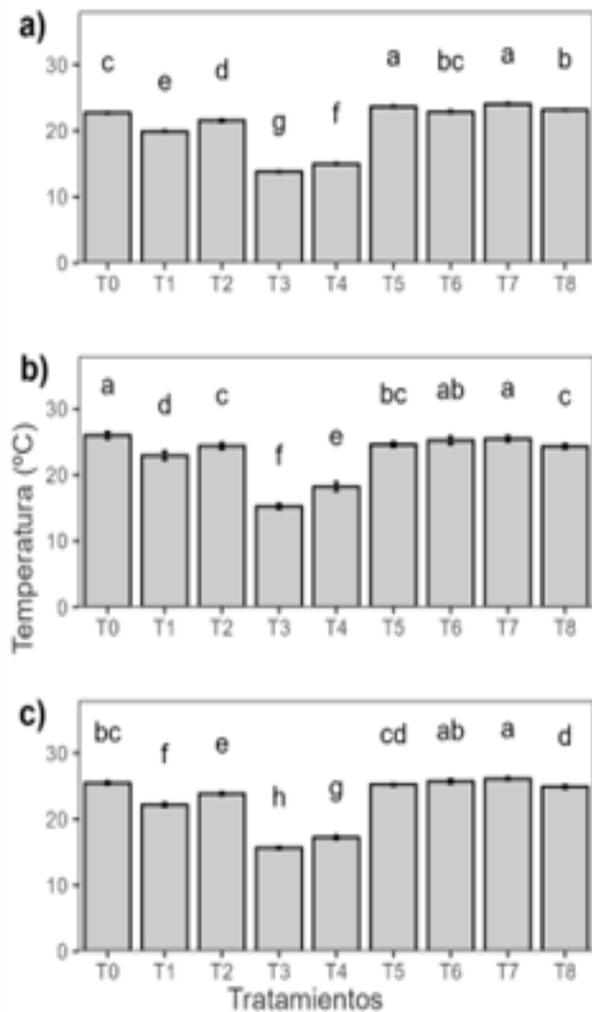


Figura 3. Geotemperaturas en la profundidad de 0 cm medidas a las 7H00 (a), 14H00 (b) y 19H00 (c); para suelo sin mulch (T0), negro (T1), azul (T2), verde (T3), rojo (T4), tamo de arroz (T5), coronata (T6), aserrín (T7), coco (T8), la misma letra en los tratamientos denota diferencia no significativa por la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

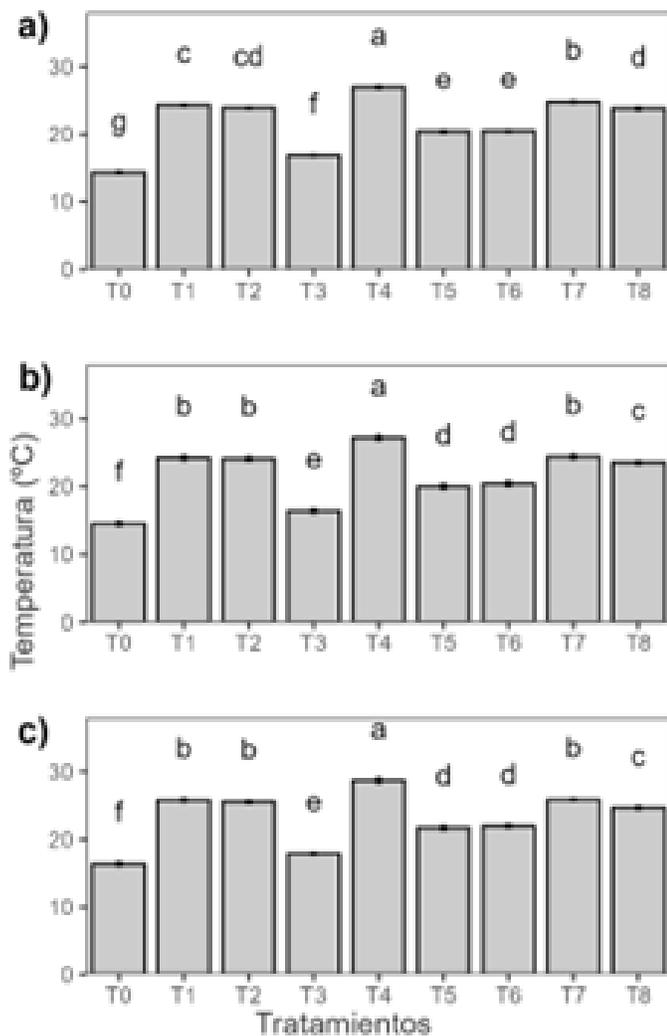


Figura 4. Geotemperaturas en la profundidad de 10 cm medidas a las 7H00 (a), 14H00 (b) y 19H00 (c); para suelo sin mulch (T0), negro (T1), azul (T2), verde (T3), rojo (T4), tamo de arroz (T5), coronta (T6), aserrín (T7), coco (T8), la misma letra en los tratamientos denota diferencia no significativa por la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Con los parámetros físicos del suelo se estimó tanto la capacidad calorífica del suelo como el flujo neto de calor para la capa comprendida entre 0 y 10cm (Figura 5), previamente se promedió las geotemperaturas de cada tratamiento; los valores por encima de cero indica ganancia de energía y valores por debajo de cero representa pérdida de energía. En la gráfica se puede observar la línea de color gris que representa al tratamiento control y su comportamiento errático de subir y bajar a través del día, es decir la energía que absorbe la pierde rápidamente; comportamiento similar registró el mulch de coco.

Por otro lado, el mulch plástico gradualmente adquiere una ganancia de energía, donde alcanzaron su pico máximo a las 13H00 e inicia la pérdida de energía por

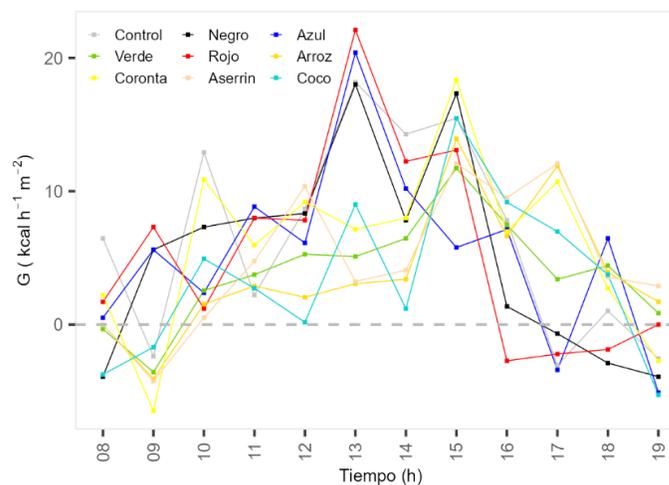


Figura 5. Flujo neto de calor en el suelo en la capa entre 0 y 10 cm para los tratamientos; Control (T0, línea gris), mulch de colores: Negro (T1), Azul (T2), Verde (T3), Rojo (T4), Tamo de arroz (T5, línea dorada), Coronta (T6, línea amarilla), Aserrín (T7, línea naranja) y Coco (T8, línea celeste); estimado desde 8H00 hasta las 19H00 en intervalo de tiempo de una hora, para el periodo de julio-agosto 2022

CONCLUSIONES

El mulch cumple la función de cambiar el régimen térmico del suelo, es decir, modificación del microclima, las geotemperaturas en el perfil del suelo varían en función de las propiedades ópticas del mulch, de las propiedades térmicas del suelo y de la radiación incidente. En función de las geotemperaturas el mulch de aserrín y plástico rojo presentaron resultados favorables; mientras tanto con enfoque al flujo neto de energía del suelo los mulch plástico rojo, azul y negro son una opción con fines de ganar energía y los mulch orgánicos son otra opción cuando se requiera minimizar la ganancia de energía, es decir minimizar las geotemperaturas. Es necesario replicar la investigación para otro periodo del año, como por ejemplo en época de mayor radiación incidente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asadul, M., Jahiruddin, M., & Clarke, D. (2018). Effect of plastic mulch on crop yield and land degradation in south coastal saline soils of Bangladesh. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(4), 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.07.001>
- Ashrafuzzaman, M., Halim, M. A., Ismail, M. R., & Shahidullah, S. M. (2011). Effect of Plastic Mulch on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(2), 321–330.
- Brissoulis, D., & Giannoulis, A. (2018). Evaluation of the functionality of bio-based plastic mulching films. *Polymer Testing*, 67, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.polymeresting.2018.02.019>

- Colak, Y. B. (2021). Leaf water potential for surface and subsurface drip irrigated bell pepper under various deficit irrigation strategies. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(4), 491–506. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000400491>
- Lalitha, M., Kasthuri, V., Balakrishnan, N., & Monsour, M. (2010). Effect of plastic mulch on soil properties and crop growth - A review. *Agricultural Research Communication Centre*, 31(2), 145–149.
- Lowery, B., Hickey, W., Arshad, M., & Lai, R. (1996). Soil Water Parameters and Soil Quality. In J. Doran & J. A. (Eds.), *Methods for assessing soil quality* (pp. 143–155).
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Distribución espacio-temporal de la precipitación en la cuenca del río Jubones, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Mendonça, S., Ribeiro, M., Gomes, R., Evangelista, Z., de Carvalho, N., & Nascimento, A. (2021). The effect of different mulching on tomato development and yield. *Scientia Horticulturae*, 275, 109657.
- Ng, E., Huerta, E., Eldridge, S. M., Johnston, P., Hu, H., Geissen, V., & Chen, D. (2018). An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. *Science of the Total Environment*, 627, 1377–1388.
- Pal, K., Rana, S., Kumar, V., Dagar, A. K., Chandel, A., & Kataria, A. (2018). FPGA Implementation of Steinhart-Hart Equation for Accurate Thermistor Linearization. *IEEE Sensors Journal*, 18(6), 2260–2267. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2795098>
- Pramanik, P., Bandyopadhyay, K., Bhaduri, D., Bhattacharyya, R., & Aggarwal, P. (2015). Effect of mulch on soil thermal regimes - A review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(3), 645–658.
- Ruck, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*.
- Sarkar, A. R., Dey, D., & Munshi, S. (2013). Linearization of NTC Thermistor Characteristic Using Op-Amp Based Inverting Amplifier. *IEEE Sensors Journal*, 13(12), 4621–4626.
- Silva, A., Ponce de León, J., García, F., & Duran, A. (1988). Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación*, 10, 21.
- Steinhart, J., & Hart, S. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep Sea Research*, 15, 497–503.
- Unsihuay, F. (2002). Evaluación del efecto de la disminución de la radiación absorbida en la temperatura del suleo y flujo de calor en el suelo. In *Anales científicos* (pp. 87–100).
- You, S., Liu, H., Li, Z., Zhou, Y., Zhou, H., Zheng, W., Gao, Y., Li, J., & Zhang, X. (2021). Soil environment and spectra properties coregulate tomato growth, fruit quality, and yield in different colored biodegradable paper mulching during the summer season. *Scientia Horticulturae Journal*, 275, 109632.
- Zangoueinejad, R., & Alebrahim, M. T. (2021). Use of conventional and innovative organic materials as alternatives to black plastic mulch to suppress weeds in tomato production. *Biological Agriculture & Horticulture*, 37(4), 267–284. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1947377>
- Zhang, X., You, S., Tian, Y., & Li, J. (2019). Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. *Scientia Horticulturae Journal*, 249(489), 38–48.

EFFECTO DE PISOS ALTITUDINALES EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN PLANTAS DE SACHA INCHI

EFFECT OF ALTITUDINAL FLOORS ON ANTIOXIDANT CAPACITY IN SACHA INCHI PLANTS

Victor Fernando Espinoza Jumbo¹.

E-mail: vespinoza3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7957-9224>

María de los Ángeles Bernal Pita Da Veiga².

E-mail: Angeles.Bernal@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3217-5986>

Alexander Moreno Herrera¹.

E-mail: amoreno@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8898-4195>

¹Universidad Técnica de Machala, el Oro, Ecuador.

²Universidad de Coruña. España.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Espinoza Jumbo, V. F., Bernal Pita Da Veiga, M.A., Moreno Herrera, A. (2022). Efecto de pisos altitudinales en la capacidad antioxidante en plantas de Sacha Inchi. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 124-133. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los sistemas de producción de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) establecidos en diversos pisos altitudinales locales, por sus altos contenidos de ácidos grasos como omega 3, 6 y 9 en aceite de semillas, superior a oleaginosas como el maní, girasol, palma, son una fuente innovadora de contenidos fenólicos solubles (CFS) y actividad antioxidante (AO) en órganos y derivados. La determinación del efecto de pisos altitudinales con relación al CFS y AO de diferentes órganos y aceite de semilla fomentan la orientación productiva. Los resultados indicaron que los pisos altitudes a 531 y 521 msnm mostraron mejores respuestas de adaptabilidad local, mediante el contenido significativo CFS donde destacan órganos como el PH, CS; así como, S, R, FM y superiores en H, FF; así como AS. La AO demostró valores más altos y significativos en flores femeninas, que no difirió de pisos altitudinales, aunque sí en hojas con mayor actividad a 531 msnm. El aceite mostró a 28 msnm mayor actividad sin diferir de los demás pisos altitudinales. El potencial adaptativo de la especie indica que los pisos altitudinales superiores permiten una expresión de biomoléculas esenciales para la interacción con el medio ambiente.

Palabras clave:

Extractos, DPPH, fenoles, aceite, órganos vegetales.

ABSTRACT

The production systems of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) established in various local altitudinal levels, due to their high content of fatty acids such as omega 3, 6 and 9 in seed oil, superior to oilseeds such as peanuts, sunflower, palm, are an innovative source of soluble phenolic content (CFS) and antioxidant activity (AO) in organs and derivatives. The determination of the effect of altitudinal floors in relation to the CFS and AO of different organs and seed oil promote productive orientation. The results indicated that the floors altitudes at 531 and 521 meters above sea level showed better responses of local adaptability, through the significant CFS content where organs such as PH, CS; as well as, S, R, FM and above in H, FF; as well as AS. The AO showed higher and more significant values in female flowers, which did not differ from altitudinal floors, although it did differ in leaves with greater activity at 531 meters above sea level. The oil showed at 28 meters above sea level greater activity without differing from the other altitudinal floors. The adaptive potential of the species indicates that the upper altitudinal floors allow an expression of biomolecules essential for interaction with the environment.

Keywords:

Extracts, DPPH, phenols, oil, vegetable organs.

INTRODUCCIÓN

El Sacha Inchi comúnmente conocido como maní del inca, maní silvestre, maní sachá, en inglés inca peanut, es una planta oleaginosa perteneciente a la familia Euforbiaceae, posee un hábito de crecimiento generalmente trepador, clasificada en 1753 por Linneo en la amazonía peruana, el nombre se deriva de dos palabras quechuas "Sacha" silvestre e "Inchi" haciendo alusión al maní que produce esta planta, su distribución geográficamente es pantropical encontrando 12 especies en Sudamérica y Centroamérica (Hanssen & Schmitz-Hübsch, 2011).

En América se cultiva en diversos países con clima tropical como Perú, Ecuador, Brasil, Bolivia, Antillas menores, Surinam, Venezuela, y Colombia, se puede cultivar en diversos pisos altitudinales adaptado desde los 30 hasta 2000 msnm, temperaturas de 10 a 36°C y humedad relativa no mayor al 78% para evitar problemas al sistema radicular por presencia de hongos. Se desarrolla en zonas con un régimen de precipitaciones desde 1000 a 1200 mm/año, distribuidos durante el año (Ramírez et al., 2021).

Es una planta Amazónica que se desarrolla en climas cálidos, húmedos y en suelos ácidos, además de arcillosos, utilizada para la reforestación. En Ecuador, este cultivo se encuentra en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Manabí, Morona Santiago, Pichincha (Valdiviezo et al., 2019). Las semillas están compuestas por un alto contenido de proteínas, ácidos grasos (omega 3,6 y 9) y vitamina E, siendo superior a otras semillas oleaginosas como el maní, soya, maíz, girasol, palma. Además, es una fuente nueva e innovadora con un alto potencial de compuestos fenólicos y antioxidantes (Gutiérrez et al., 2011).

Los antioxidantes son un grupo de sustancias vegetales que, al estar presente en concentraciones muy bajas (ppm) con respecto al sustrato oxidable, inhiben o retrasan significativamente la oxidación extra e intercelulares. Las moléculas antioxidantes más importantes en la célula vegetal que regulan la homeostasis son: ascorbato, glutatión, además de flavonoides, taninos, α -tocoferol, carotenoides y precursores de la lignina. Estas sustancias son empleadas por las plantas como mecanismo de defensa entre estos tenemos: aceites esenciales, alcaloides, esteroides, fenoles, mucilagos, pectinas, quinonas, saponinas, terpenos. Son sintetizadas por las plantas ante un ataque de hongos, bacterias, plagas, efecto alelopático, estrés abiótico causado por el clima (Reyes-Silva et al., 2020).

En el mundo la industrialización alimentaria, cosmética y farmacéutica va en aumento (Angulo-López et al., 2021), por lo cual evaluar presencia de polifenoles y propiedades antioxidantes que estas poseen, de esta manera se puede abrir nuevos mercados. La mayor cantidad de aceites esenciales se obtienen en zonas que poseen temperaturas bajas, la cantidad de metabolitos secundarios depende de la ubicación geográfica, altitud, factores climáticos, época de cosecha y su estado de crecimiento

que se encuentra la planta (Hernandez et al., 2009). El medio ambiente causa un efecto notorio en como un genotipo se expresa en un medio, un ambiente que presente una cantidad mínima de estrés para obtener mayores rendimientos y mejor calidad en los frutos. Las condiciones climáticas influyen significativamente en el crecimiento de las plantas, su fenología, duración en el tiempo de desarrollo y maduración fisiológica de los frutos (Menzel et al., 2020).

Un compuesto antioxidante se puede determinar como material que retrasa o inhibe considerablemente la oxidación cuando se presenta en concentraciones bajas en relación con la del sustrato oxidable (Gulcin, 2020). Los fenoles son sustancias químicas que se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas como producto de su metabolismo secundario, varios utilizados para su funcionamiento y otros efectivos en los mecanismos de defensa en situaciones de presión y ante el ataque de organismos patógenos presentes en el ambiente (Bakan et al., 2003). Los compuestos fenólicos se ven implicados en el color, propiedades organolépticas (sabor y astringencia), las propiedades nutricionales y propiedades antioxidantes (Kähkönen et al., 2001).

En este sentido se destaca la importancia de identificar cual es la influencia de los pisos altitudinales sobre los compuestos bioactivos del cultivo de Sacha Inchi entendiéndose que en las zonas altas de la provincia de El Oro (Las Laja y Marcabellí) tiene temperaturas más bajas debido a que los rayos del sol son menos directos el contenido de oxígeno es menor debido a la presión atmosférica contrario a los que sucede en las zonas bajas de la provincia de El Oro. El clima de la provincia varía según la zona, en la región costera el clima se caracteriza por ser seco en verano y lluvioso en invierno, y en la región montañosa el clima es lluvioso, y la temperatura varía según la altitud, teniendo entre 25° y 35°C en la costa, y en la sierra entre 10° y 18°C (Zhiminaicela et al., 2021).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los pisos altitudinales con relación al contenido de fenoles solubles y la actividad antioxidante de diferentes órganos, y del aceite de semilla de Sacha Inchi mediante caracterización de extractos acuosos para su validación fitoquímica y orientación productiva a nivel provincial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización del área experimental

El trabajo de investigación se realizó en los meses de diciembre 2021 hasta abril de 2022 en la Granja Santa Inés en Laboratorio de Micropropagación Vegetal ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada geográficamente en (Latitud 3° 17' 30" S; Longitud 80° 00' 11" W). El presente estudio dispuso del apoyo de la compañía Biofábrica montubia (BIOMONT S.A) para realizar los análisis fitoquímicos de las muestras del material vegetal recolectado de Sacha Inchi de los diferentes sistemas productivos valorados.

Procedimiento para extracción de muestras vegetales acuosas

Los sistemas productivos Sacha Inchi de diferentes PALT (pisos altitudinales) en producción de cuatro cantones de la provincia el Oro, como se muestra en ilustraciones en la Figura 1, donde A representó al cantón Las Lajas en el sitio San Isidro (altitud 531 msnm.), B en el cantón Marcabelí en el sitio el Arenal (altitud 521 msnm.) y los sistemas C y D fueron recolectados en cantones de Arenilla (CA) en el sitio Palmales (altitud 72 msnm.) y el Progreso en el sitio Chaguana (altitud 28 msnm.). Para realizar procesos de extracciones se seleccionaron hojas (H), flores masculinas (FM), flores femeninas (FF), aceite (A), semillas (S), cáscara de semilla (CS), raíz (R) y pedúnculo de hoja (PH) para realizar el proceso de extracción de biomoléculas, como se ilustra en la Figura 2, estas muestras fueron seleccionadas de sistemas productivos con presencia de valor agregado en el caso aceites. Los individuos seleccionados respondían a excelentes características fenotípicas, mayor adaptabilidad al presentar buen follaje y resistencia a factores adversos.

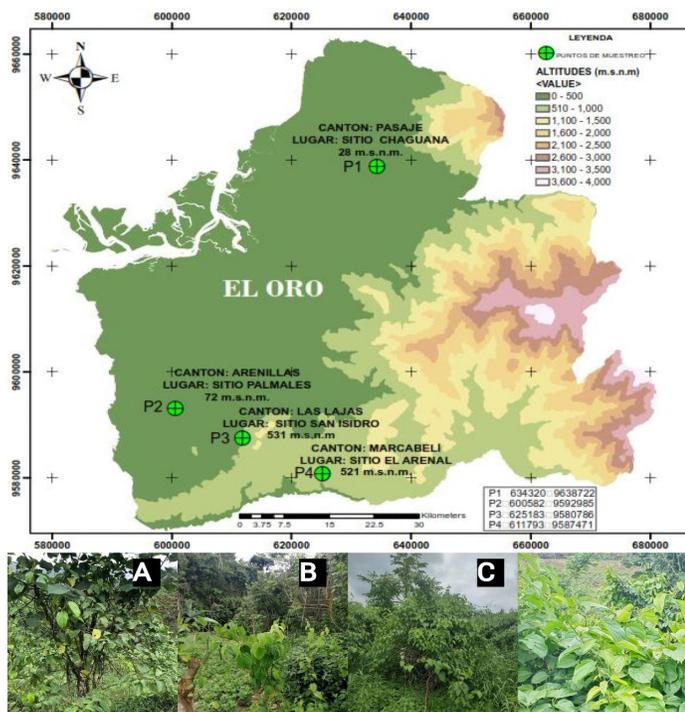


Figura 1: Selección de sistemas productivos de Sacha Inchi en diferentes PALT de la provincia de El Oro. (A) PALT 531 msnm, (B) PALT 521 msnm, (C) PALT 72 msnm, (D) PALT 28 msnm

Para lograr la separación y recuperación de compuestos bioactivos fue necesario realizar un proceso de extracción (Bellingan, 2007). Este proceso como se ilustra en la Figura 2, donde el material vegetal luego recolectado de campo fue separado por órgano a estudiar y se desmenuza para que las muestras sean más pequeñas logrando un secado homogéneo, seguidamente se colocó en una estufa a 70°C por 24 horas obteniendo el deshidratado del material vegetal. Con un molinillo Hamilton Beach® se procedió a hacer polvo bien fino las muestras

vegetales, posteriormente se guardaron en envases negros para evitar el contacto con la luz y la humedad relativa del ambiente y no deteriorar sus componentes fenólicos y antioxidantes presentes.

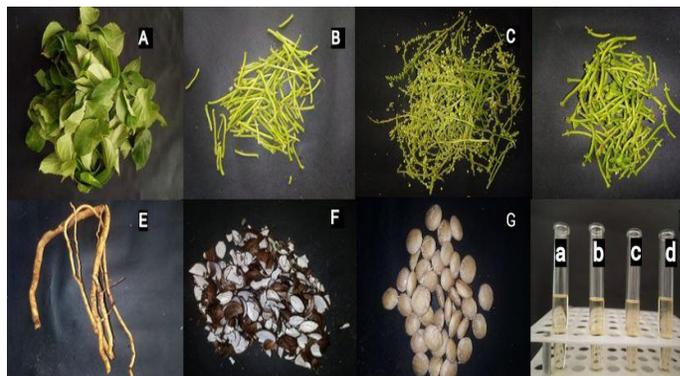


Figura 2: Órganos vegetales de Sacha Inchi de los sistemas productivos de diferentes PALT de la provincia de El Oro para su caracterización. (A) Hoja, (B) Pedúnculo hoja, (C) Flor masculina, (D) Flor femenina, (E) Raíz, (F) Cáscara semilla, (G) semilla, (H) Aceite de semillas de los sistemas productivos de diferentes Pisos Altitudinales (PALT) de la provincia de El Oro (a) PALT 531 msnm, (b) PALT 521 msnm, (c) PALT 72 msnm, (d) PALT 28 msnm

De cada órgano se obtuvieron tres muestras (Figura 4), de las cuales se pesó 0.1 gramo usando un eppendorf como envase, se agregó 1000 µL de agua destilada hirviendo, dejando reposar 5 minutos. Luego de este tiempo se procedió a ubicar dentro de cada sitio de la centrifuga. Seguido se centrifugó a 10000 rpm durante 15 minutos en una centrifuga (MiniSpin plus-Eppendorf AG, Hamburg). Transcurrido los 15 minutos, se extrae la parte acuosa con una micropipeta de 100µL logrando obtener la mayor cantidad de líquido, para luego ser depositada en un tubo graduado de 10 ml para enrasar a un volumen final de 5 ml con agua destilada, para ser almacenados en tubos Vacutainer™ a 4°C, hasta realizar la cuantificación de fenoles y actividad antioxidante. El aceite de Sacha Inchi se almacenó en frascos ámbar para evitar que sus compuestos se degradan con la luz.

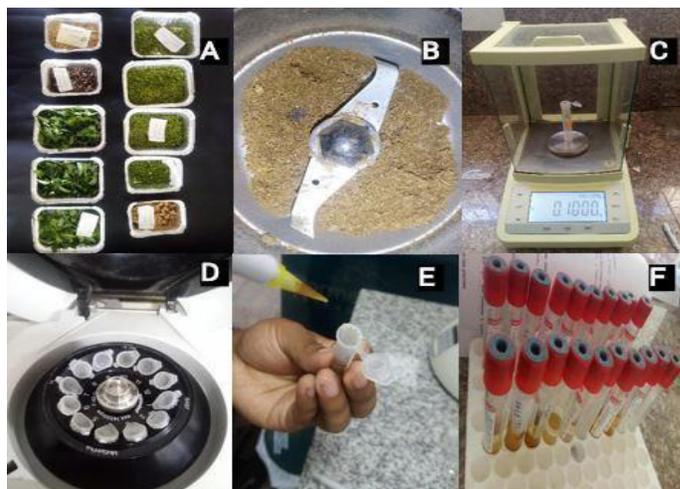


Figura 3. Procedimiento para obtención de extractos acuosos en órganos de Sacha Inchi. (A) desmenuzado y secado, (B) triturado, (C)

pesado, (D) centrifugado de las muestras, (E) extracción, (F) Extractos acuosos.

Fenoles solubles presentes en órganos de Sacha Inchi

La titulación de fenoles solubles se llevó a cabo según el método Folin Ciocalteu con modificaciones para aprovechar al máximo el uso de reactivos.

Para evaluar el contenido de fenoles se decidió realizar una recta de calibrado estándar Folin-Ciocalteu según el método modificado, permitiendo la determinación cuantitativa del contenido de fenoles presentes en la muestra. La preparación requiere el uso de diferentes soluciones de ácido gálico (AG) en concentración: 0.01 mg AG/ml, 0.02 mg AG/ml, 0.05 mg AG/ml, 0.1 mg AG/ml, 0.2 mg AG/ml de metanol. De estos, 100 μ l se extrajeron por triplicado agregándole individualmente 1000 μ l de Folin-Ciocalteu, diluido previamente 10 veces (1:10). Descanso durante 4 minutos en oscuridad; se añaden 1000 μ l de Na₂CO₃ al 7% y enrasamos a 2,5 ml añadiendo 400 μ l de agua destilada en cada tubo. Descanso durante 90 minutos en la oscuridad para realizar las lecturas en el espectrofotómetro (Spectronic 21D). Como resultado se obtiene la siguiente ecuación Absorbancia 760 nm = 3,8292 [equivalente de ácido gálico] + 0,0303 y R² = 0,997 para determinar la cantidad de polifenoles solubles presentes en la muestra.

En las muestras valoradas se utilizó 100 μ l de los 5 ml de los extractos acuosos almacenados a -4°C, adicionando por triplicado y dispensar en tres tubos adicionar 1000 μ l de Folin-Ciocalteu, agitar para homogeneizar y colocar en la oscuridad durante 4 minutos. Pasado este tiempo agregar 1000 μ l de Na₂CO₃ al 7% y finalmente adicionar 400 μ l de agua destilada a cada tubo, se agitaron durante 1 minuto y se colocaron durante 90 minutos en oscuridad para luego realizar las lecturas en un espectrofotómetro calibrado a 760 nm.

Las lecturas que no se pueden realizar por el espectrofotómetro por estar fuera de los rangos de este >1, se necesita una disolución 1:10 procediendo a ubicar 100 μ l extraídos de los 5 ml de la muestra en un eppendorf adicionando 900 μ l de agua destilada y almacenada a -4°C hasta su posterior lectura.

Se realizó la lectura del aceite de Sacha Inchi utilizando cubetas de 2,5 cm, donde se añadió 100 μ l de muestra de cada lugar/órgano a excepción del aceite que fue 40 μ l, añadiendo 1000 μ l de Folin-Ciocalteu, dejar reposar en oscuridad por 4 minutos, se adiciona 1000 μ l de Na₂CO₃ al 7% se completó con 460 μ l de metanol enrasando a 2500 μ l y ubicadas en oscuridad durante 90 minutos, para luego realizar la lectura.

Actividad antioxidante presentes en órganos de Sacha Inchi

Esta capacidad antioxidante se calculó según el método Brand et al. (1995) fundamentado en reducir la densidad óptica a 515 nm usando una solución de metanol DPPH

(2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) reaccionando con las muestras. (Ávila et al., 2019), la solución con metanol se muestra como absorbancia primaria o de inicio (A0). El DPPH al estar presente de un radical oxidado aparece de color púrpura y a medida que continúa la reacción actuando sobre el disminuye, se vuelve amarillo. La tonalidad del color permite medir el contenido de DPPH reducido según la fórmula:

Am= absorbancia de la muestra

A0= absorbancia inicial

Con base en esta ecuación, se creó una solución de DPPH (0.04 g en 100 ml de metanol), se diluyó con metanol para obtener un valor de absorbancia cercano a 0.780 nm. El espectrofotómetro (Spectronic 21D, 1988, USA) se calibró a 515 nm usando metanol como blanco. Se realizaron tres mediciones para cada muestra preparando en una cubeta de cuarzo una solución de 2.375 μ l de DPPH y agregando 125 μ l de muestra en cubetas 2500 μ l, se agita la cubeta y se procede a introducir la cubeta instantáneamente en el espectrofotómetro y tomar nota el dato inicial que se puede visualizar, este debe ser inferior al factor que obteniendo como resultado al ajustar el DPPH. Los resultados están en % DPPH reducido se representa como equivalente a las muestras que se evalúan frente a la línea de calibración con un patrón Trolox externo.

Mediante el patrón Trolox se realiza la recta de calibrado utilizando (6-hidroxi-2,5,7,8- tetrametilchroman-2-carboxílico preparando una disolución madre de 1 mM (25 mg de Trolox en etanol absoluto). Con esta disolución se desarrollaron cinco diversas disoluciones (100, 200, 300, 400 y 500 μ l) mediante estas cinco disoluciones triplicado se pudo obtener equivalentes Trolox, la absorbancia inicial (A0) conformado por disolventes de DPPH (950 μ l de metanol) y Trolox (50 μ l de etanol). Para realizar la recta de calibrado se realizaron lecturas en absorbancia 515 nm se determinó proporcionando 50 μ l de las concentraciones Trolox y 950 μ l de DPPH con lecturas puntuales para desarrollar recta de calibrado.

La ecuación proporcionada por la recta de calibrado es:

Absorbancia 515 nm= 0.0536 [equivalentes de Trolox]+ 2.7577 con R²= 0,9596

Procedimiento estadístico

Para caracterizar la capacidad adaptativa de Sacha Inchi en diferentes PALT se efectuaron cálculos de medidas de resumen de datos en el software SPSS Statistics 22, entre las que se encuentran medidas de tendencia central, dispersión, posición y distribución.

Para conocer si se presentan diferencias significativas o no entre diferentes pisos altitudinales en función del contenido de fenoles y actividad antioxidantes totales en Sacha Inchi, se realizó un análisis de varianza de un factor intergrupo y de forma previa se verificó el cumplimiento de la normalidad de datos y la homogeneidad de varianza. En caso de presentarse diferencias significativas

en los pisos altitudinales se realizaron pruebas de rangos y comparaciones de Duncan, con un nivel de confiabilidad del 95%.

El contenido de fenoles solubles y actividad antioxidantes totales, en los órganos hoja, pedúnculo de hoja, raíz, flor masculina, flor femenina, semilla, cáscara de semilla y aceite de Sacha Inchi Para representar de forma gráfica entre aceite, flor femenina y hoja, la actividad antioxidante se representó mediante un gráfico de perfil ubicando en el eje de las X los pisos altitudinales, en Z los órganos y en el eje Y el peso.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Contenido de fenoles solubles en material vegetal

Los fenoles son compuestos presentes en la célula de los sistemas productivos valorados, en el contenido de estos fenoles en los pedúnculos de hoja (Figura 4 A) podemos encontrar valores significativos en altitud de 531 msnm que indica un incremento de 16 y 41 % con relación a los demás pisos altitudinales. En la Figura 4 B los sistemas de producción evaluados en altitud 521 msnm, mostraron valores significativos para la cantidad de estos fenoles en

semilla con 18 y 28 % en comparación con los otros pisos altitudinales.

El contenido de fenoles solubles presente en la muestra vegetal evaluada en cáscara de semilla se encontró valores significativamente inferiores en 521 msnm (Figura 4 c) fue 6, 7 y 8 % menor con respecto a los pisos altitudinales restantes. En (Figura 5D) la raíz presentó un contenido de fenoles expresando valores con significancia superior ubicado altitudinalmente a 521 msnm expresó un crecimiento de 15 y 24% entre los pisos altitudinales evaluados de los sistemas productivos el Oro.

En la Figura 4 las flores masculinas en sistema productivo establecido a 521 msnm en su contenido fenólico presente en las células vegetales de la muestra siendo 13 y 20 % expresando mayor contenido frente a los demás pisos altitudinales. Los pisos altitudes de 531 y 521 msnm mostraron mejores respuestas de adaptabilidad local, mediante el contenido de fenoles solubles en el pedúnculo de hoja, cáscara de semilla, así como la calidad de semilla, raíz y flor masculina en la segunda altitud valorada. Los fenoles solubles del material vegetal presentan una influencia significativa al piso altitudinal inferior en que se encuentre establecido 72 y 28 msnm aportando mejores características en la cáscara de semilla.

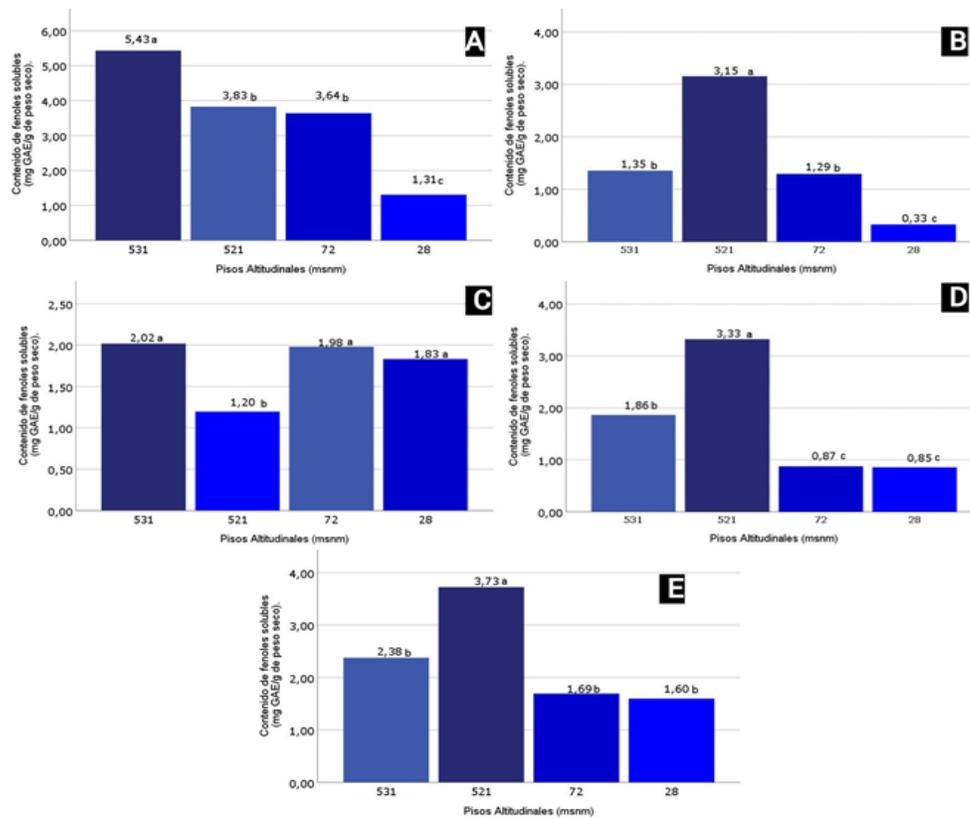


Figura 4: Contenido de Fenoles solubles en órganos de Sacha Inchi en fase floral en diferentes pisos altitudinales de la provincia de El Oro. (A) Pedúnculo de hoja, (B) Semilla, (C)Cáscara de semilla, (D) Raíz, (E) Flor masculina. Diferentes letras difieren estadísticamente según la prueba de rangos y comparaciones de Duncan ($p \leq 0,05$)

Los valores obtenidos en los fenoles de pedúnculo (1,31 mg/g peso seco de PH) y semillas (0,33 mg/g peso seco de S) ponen en disputa destacado Yara & Suescun (2007) sobre la influencia de la altitud en el contenido de fenoles (Yara & Suescun, 2007). En pedúnculo de la hoja (PH), y la semilla (S) de Sacha Inchi, muestran en ambos casos un menor contenido de fenoles solubles en el piso altitudinal menor a 30 msnm en comparación los pisos altitudinales mayores a 70 msnm desde 72 msnm hasta 531 msnm.

Estudios han determinado que existe un bajo contenido de fenoles solubles en altitudes bajas en raíz de *Moringa olifera* (Ordoñez & Bernal, 2019), con 1.65 mg GAE/g peso seco, comparado con el contenido de fenoles en totales en raíz en *Smallanthus sonchifolius* 11.1 mg GAE/g peso seco en un piso altitudinal 2536 msnm (Arnao & suárez, 2012). Trabajos realizados en fenoles totales en *Hibiscus sabdariffa* presentan resultados de 8,3 mg GAE/g peso seco (Ramirez et al., 2018). El fruto del *Sambucus* evaluado en dos pisos altitudinales presenta un mayor contenido de fenoles afirmando que el contenido de fenoles está influenciado por los pisos altitudinales (Meza & Segura, 2011). Trabajos realizados en ají rocoto y gallinazo presentaron un contenido de fenoles totales a niveles bajos msnm presentó 39,15 y 60,04 mg GAE/g peso seco (Gonzalez & Saritama, 2018) así como el análisis efectuados en cáscaras de semillas mostraron valores de fenoles totales 50,9 mg GAE/g peso seco (Cuellar, 2021).

La acumulación de metabolitos secundarios presentes en células puede ser la respuesta a numerosas variables o factores agroclimáticos y genéticos (Covelo & Gallardo, 2001). Algunos estudios apuntan que las plantas que se desarrollan en altitudes elevadas almacenan de forma general biomoléculas como flavonoides y antocianinas debido a mayor duración de los días y temperaturas nocturnas bajas (Jaakola & Hohtola, 2010). Esta expresión

del contenido de fenoles solubles, es una respuesta de estrés fisiológico, debido a los factores ambientales de cada piso altitudinal, se evidencia en las hojas, y el aceite de semilla de Sacha Inchi, que se encuentran directamente ligadas por los pisos altitudinales, mayor a 500 msnm.

La valoración de los pisos altitudes a 531 y 521 msnm donde se establecen los sistemas productivos, mostraron mejores respuestas de adaptabilidad local, mediante el contenido significativo de fenoles solubles y donde la primera altitud destaca órganos como el pedúnculo de hoja, cáscara de semilla, así como para segunda altitud con los extractos de semilla, raíz y flor masculina.

En la Figura 5 A, el contenido de fenoles en la hoja presentes en los sistemas productivos se puede evidenciar un aumento significativo en el piso altitudinal 531 msnm con un 30 y 50% mayor al resto de altitudes. Esta tendencia se evidenció en la Figura 5B, al presentar aumentos proporcionales en el contenido de fenoles en flor femenina con valores significativos en los sistemas productivos ubicados en el piso altitudinal siendo 531 msnm mayor con 10, 20 y 23% del resto de pisos evaluados.

En la Figura 5 C en el sistema productivo de 521 msnm presentó valores significativos en el contenido de fenoles al resto de pisos altitudinales con 10, 30 y 70% en el aceite de Sacha Inchi. Los pisos altitudes de 531 y 521 msnm mostraron mejores respuestas al medio productivo, mediante el contenido de fenoles solubles en la hoja, flor femenina de igual forma el aceite en la segunda altitud valorada. Los sistemas productivos en 72 y 28 msnm demostraron mejor respuesta a su entorno con menor comportamiento fenólico ante otras altitudes, en 72 msnm en hoja, flor femenina y aceite, presentando este menor contenido en la otra altitud.

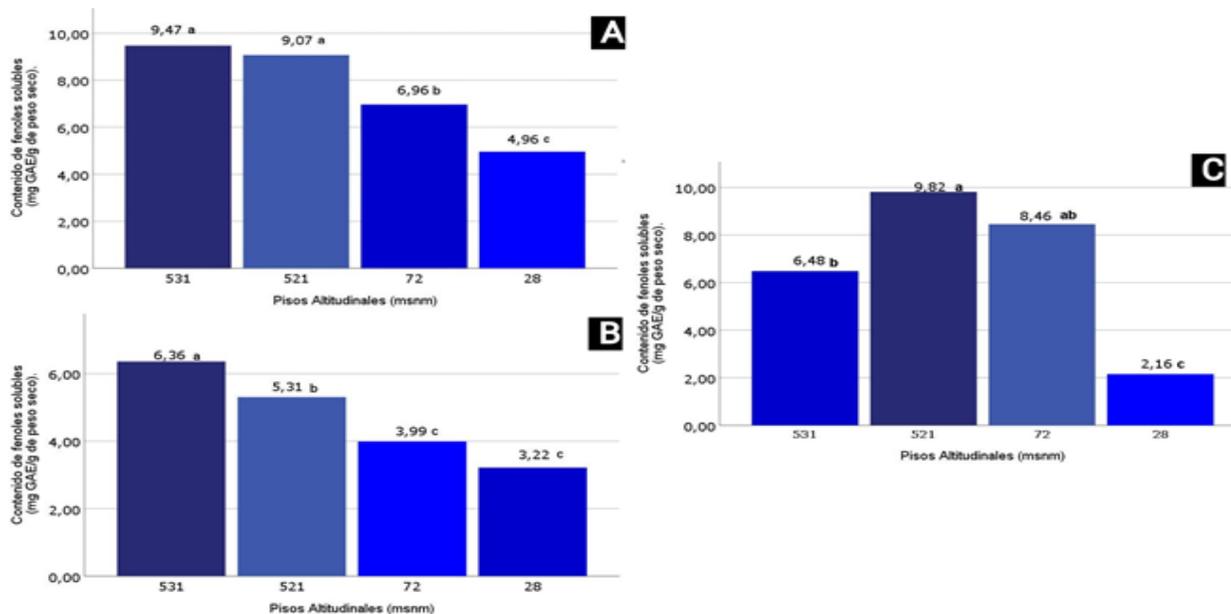


Figura 5: Contenido de Fenoles solubles en órganos de Sacha Inchi en fase floral en diferentes pisos altitudinales de la provincia de El Oro. (A) hojas, (B) flor femenina, (C) aceite de semilla. Diferentes letras difieren estadísticamente según prueba de rangos y comparaciones de Duncan ($p \leq 0,05$)

En hojas existe diferencia significativa en el contenido de fenoles con relación al piso altitudinal siendo de forma ascendente 28 msnm (4,96); 72 msnm (6,96); 521 msnm (9,07) y 531 msnm (9,47) EAG mg/g peso seco, lo cual se corrobora con los resultados Giménez, Sanabria & Salas (2020). Estos valores fenólicos en hojas son ascendentes a partir de 72 msnm, y siempre superiores a los obtenidos en hojas de *Moringa oleifera* en estado floral con un reporte de 6.32 EAG mg/g peso seco cuando se utiliza extractos acuosos en altitud inferior (Castillo et al., 2019). Estudios realizados por Zhapan & Lima (2021) en *Annona muricata* en el piso altitudinal 531 msnm obtuvieron 6,72 mg GAE/g peso seco, y en aceites esenciales de hoja de *Stevia rebaudiana*, así como la influencia de los pisos altitudinales (Giménez, Sanabria & Salas, 2020; Tobar et al., 2011). Esta condición de altitud puede influir en incrementos, como es reportado en hojas de lavanda obtuvieron 2158 mg EAG mg/100 mg (Flores et al., 2019).

La flor femenina con valores de 5.31 y 6,36 mg/g peso seco tiene un alto contenido de fenoles en las altitudes superiores a los 500 msnm, esto se corrobora con el estudio realizado por Gündüz & Özbay (2018) en especies arbóreas, el cual destaca los valores significativos del piso altitudinal, además, de la incidencia del genotipo en la composición físico-química y metabolitos secundarios (Gündüz & Özbay, 2018).

El aceite de semillas a la altitud de 521 msnm expresa su mayor contenido de fenoles solubles, este es uno de los productos de mayor demanda al ser un derivado de valor agregado con aminoácidos esenciales, proteínas, ácidos grasos insaturados, y moléculas antioxidantes (Valdiviezo et al., 2019). La calidad del aceite se ve determinada por el factor de la temperatura, además de ser fotosensible (Hidalgo et al., 2019).

El contenido de fenoles solubles evaluados en los sistemas productivos demostró que en un piso altitudinal superior a los 500 msnm presentaron datos significativos en el contenido de la hoja, flor femenina para mostrar mayor grado de adaptabilidad del cultivo a estas altitudes, así como la obtención valores significativos en el aceite de semilla como producto final en el segundo piso altitudinal de 521 msnm. En los sistemas productivos en 72 y 28 msnm demostraron menor comportamiento fenólico ante las otras altitudes, en 72 msnm en aceite de semilla, se obtuvo un contenido valioso pisos altitudinales bajos.

Contenido de actividad antioxidante en pisos altitudinales

La determinación de la actividad antioxidante se realizó en muestras órganos que demostraron un alto contenido de polifenoles solubles en la célula vegetal como destaca Yara & Suescun (2007), los polifenoles o compuestos fenólicos poseen un numeroso grupo de compuestos con actividad antioxidante. La flor femenina representa un 78% de actividad de antioxidante total, seguido por el aceite de la semilla con 14% de actividad de antioxidante total, superior a la hoja que revela 13% de actividad de antioxidante total.

En la figura 6 los sistemas de producción evaluados en altitudes 521 y 72 msnm, manifestaron valores significativos

para la actividad antioxidante presente en flor femenina con 10 % mayor en comparación con las otras altitudes. El contenido de actividad antioxidante en aceite de semilla de Sacha Inchi presente en pisos altitudinales a 28 msnm mostró valores con significancia siendo mayor con 13 y 10% al resto de altitudes que fueron evaluadas. En los sistemas de producción la actividad antioxidante en las hojas demostró valores significativos en el piso altitudinal 531 msnm siendo 45 y 50 % mayor al resto de altitudes.

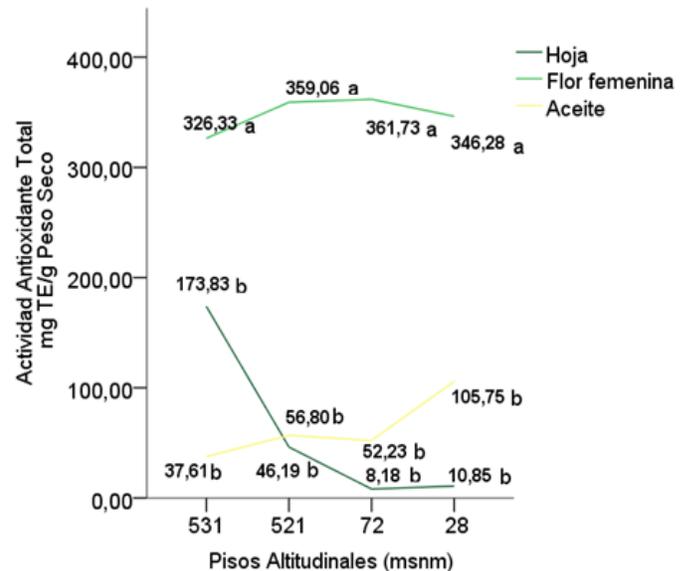


Figura 6. Actividad antioxidante de órganos de Sacha Inchi en fase floral en diferentes pisos altitudinales de la provincia de El Oro. Diferentes letras difieren estadísticamente según la prueba de rangos y comparaciones de Duncan ($p \leq 0,05$)

La flor femenina muestra una actividad antioxidante por encima de los demás órganos, donde las altitudes de 72 y 521 msnm superan los 300 mg TE/g peso seco, lo cual muestra que existe una baja influencia de los pisos altitudinales con la actividad antioxidante de flor femenina. Estudios realizados en flor de *Hibiscus sabdariffa* obtuvieron resultados inferiores en un piso altitudinal de 1015 msnm según Batalla et al., (2019). Se evidencia que el contenido de antioxidante es influenciado por el color de las lígulas en *dahlia*s y no siempre va asociada con el contenido de fenoles, donde se sugiere que el contenido de antioxidante depende de la pigmentación (Solomon et al., 2006).

La hoja presenta baja actividad antioxidante en 72 y 28 msnm, que a su vez se incrementa en valores valiosos por encima de los 500 msnm con valores superiores a los 170 mg TE/g peso seco, el cual sugiere que la actividad antioxidante es influenciada por diferencias por las altitudes y su expresión fenotípicas. Estudios realizados en *azorella compacta* en un piso altitudinal de 4900 msnm presentaron los contenidos mayores de antioxidantes (Pizarro, 2019).

El contenido de antioxidantes en Sacha Inchi, obtiene su mayor valor en flores femeninas demostrando que este órgano no se ve afectado en su contenido de antioxidantes.

De acuerdo a Castaño y colaboradores (2012) la actividad antioxidante está estrechamente ligada a los ácidos grasos en su estudio realizado en hoja y raíz de esta especie (Castaño et al., 2012). En el trabajo realizado en hojas de *Anona muricata* encontraron valores de 213,77 mg TE/g peso seco establecidos en un sistema productivo de 531 msnm. En esta altitud, pero en especies de crecimiento trepador *Passiflora tripartita* en pulpa del fruto se obtuvo valores 10,53 mg TE/g peso seco (Giambanelli et al., 2020).

El aceite de semilla en la actividad antioxidante presenta una mayor actividad en el piso altitudinal de 28 msnm con 105,75 mg TE/g peso seco, lo cual no se concatena con estudios realizados en *Plukenetia volubilis* L. obteniendo valores inferiores en aceite de semillas sin tostar con 18,2 TE/g de peso fresco en un piso altitudinal de 800 msnm. Esta actividad antioxidante que se encuentran en el aceite o semillas aumentan dependiendo del tratamiento térmico que se les aplique para aumentar su contenido antioxidante (Cisneros et al., 2014; Wang & Kakuda, 2018).

La actividad antioxidante demostró valores más altos y significativos cuando se valoraron las flores femeninas, pero estas no fueron influenciadas por la ubicación de sistemas productivos en los diferentes pisos altitudinales. Esta altitud muestra su influencia directa cuando se valora la actividad antioxidante en hojas, donde su mayor expresión se obtuvo a 531 msnm. y caso contrario se puede apreciar en el contenido de aceite de semilla donde la mayor expresión se obtuvo a 28 msnm, pero no difirió de los demás pisos altitudinales.

CONCLUSIONES

El contenido de fenoles solubles evaluados en los sistemas productivos demostró que los pisos altitudinales superiores a los 500 msnm influyen directamente en este contenido, destacando órganos como pedúnculo de hoja, cáscara de semilla, raíz y flor masculina, así como contenido en hoja, flor femenina y aceite de semilla con los contenidos fenólicos superiores.

La actividad antioxidante demostró valores más altos y significativos cuando se valoraron las flores femeninas, pero estas no fueron influenciadas por la ubicación de sistemas productivos en los diferentes pisos altitudinales. La altitud muestra su influencia directa cuando se valora la actividad antioxidante en hojas con mayor expresión a 531 msnm y en aceite a 28 msnm que no difirió de los demás pisos altitudinales siendo una condición que debería seguir en análisis de metabolitos secundarios y su influencia de los diferentes pisos altitudinales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Angulo-López, J. E., Flores-gallegos, A. C., Torres-León, C., Ramírez-Guzmán, K. N., Martínez, G. A., & Aguilar, C. N. (2021). Guava (*Psidium guajava* L.) fruit and valorization of industrialization by-products. *Processes*, 9(6), 1075.
- Arnao, I, Suárez, S, Cisneros, R, & Trabucco, J. (2012). Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de la raíz y las hojas de *Smilax chifolius* (yacón). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), 120-125. Recuperado en 04 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000200006&lng=es&tling=es.
- Ávila, W., Medina Vargas, O. J., & Moreno Bastidas, L. M. (2019). Aplicación de un diseño factorial 23 en la extracción asistida por microondas y evaluación de la actividad antioxidante de los compuestos presentes en frutos de *Vaccinium meridionale*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 48(3), 643-661.
- Bakan, B., Bily, A. C., Melcion, D., Cahagnier, B., Regnault-Roger, C., Philogène, B. J., & Richard-Molard, D. (2003). Possible role of plant phenolics in the production of trichothecenes by *Fusarium graminearum* strains on different fractions of maize kernels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(9), 2826-2831.
- Rajakariar, R., Hilliard, M., Lawrence, T., Trivedi, S., Colville-Nash, P., Bellingan, G., ... & Gilroy, D. W. (2007). Hematopoietic prostaglandin D2 synthase controls the onset and resolution of acute inflammation through PGD2 and 15-deoxy Δ 12-14 PGJ2. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20979-20984.
- Castaño, D. L., del Pilar Valencia, M., Murillo, E., Mendez, J. J., & Joli, J. E. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* Linneo) y su relación con la bioactividad del vegetal fatty acid composition of inca peanut (*Plukenetia volubilis* Linneo) AND.
- Ordoñez Castillo, F. M., Bernal Pita Da Veiga, M. de L. Á., Vidal González, N. P., & Moreno Herrera, A. (2019). Efectos antioxidantes de moringa oleifera lam en vitro-plantas de banano clon williams enraizadas en sistemas de inmersión temporal Rita. *Revista Científica Agroecosistemas*: 5, 7-63.
- Cisneros, F. H., Paredes, D., Arana, A., & Cisneros-Zevallos, L. (2014). Chemical composition, oxidative stability and antioxidant capacity of oil extracted from roasted seeds of Sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(22), 5191-5197.
- Covelo, F., & Gallardo, A. (2001). Temporal variation in total leaf phenolics concentration of *Quercus robur* in forested and harvested stands in northwestern Spain. *Canadian Journal of Botany*, 79(11), 1262-1269.
- Felices, E. J. A., Rivera, P. E. B., & Roca, E. C. E. (2020). Capacidad antioxidante de extractos obtenidos de las hojas de *Senecio rufescens* DC. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(4), 374-385.

- Giménez, B., Sanabria, M. E., & Salas, J. E. (2020). Efecto del cultivo en dos pisos altitudinales sobre la síntesis de metabolitos secundarios en hojas de *Stevia rebusiana* Bertoni. *Ciencia y Desarrollo*, 23(2), 57-64.
- González, C. G., González, M. A., Saritama, R. C., & Aguilar, J. A. (2018, September). Determinación de fenoles en Ají Gallinazo (*Capsicum frutescens*)-Ají Rocoto (*Capsicum pubescens*) aplicando Espectrofotometría. In *Conference Proceedings Utmach* (Vol. 2, No. 1)
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, 94(3), 651–715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>
- Gündüz, K., & Özbay, H. (2018). The effects of genotype and altitude of the growing location on physical, chemical, and phytochemical properties of strawberry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(3), 145–153. <https://doi.org/10.3906/tar-1706-65>
- Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M., & Jiménez, Á. (2011). Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites*, 62(1), 76–83.
- Giambanelli, E., Gómez-Caravaca, A. M., Ruiz-Torralba, A., Guerra-Hernández, E. J., Figueroa-Hurtado, J. G., García-Villanova, B., & Verardo, V. (2020). New advances in the determination of free and bound phenolic compounds of banana passion fruit pulp (*Passiflora tripartita*, Var. *Mollissima* (Kunth) Ih Bailey) and their in vitro antioxidant and hypoglycemic capacities. *Antioxidants*, 9(7), 628.
- Hanssen, H.-P., & Schmitz-Hübsch, M. (2011). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Nut Oil and Its Therapeutic and Nutritional Uses. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 991–994). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10117-3>
- Hidalgo, R., Eduardo, L., Valdiviezo Rogel, C. J., & Bonilla Bermeo, S. M. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 77-87.
- Hernandez, T., Canales, M., Avila, J. G., García, A. M., Meraz, S., Caballero, J., & Rafael, L. I. R. A. (2009). Composition and antibacterial activity of essential oil of *Lippia graveolens* HBK (Verbenaceae). *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8(4), 295–300.
- Jaakola, L., & Hohtola, A. (2010). Effect of latitude on flavonoid biosynthesis in plants. *Plant, cell & environment*, 33(8), 1239-1247.
- Jorge Meza, E., & Segura Alania, E. S. (2011). Evaluación de la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en el fruto de sauco (*sambucus peruviana* hbk) provenientes de la provincia de Tarma y Huancayo.
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., & Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(8), 4076-4082. <https://doi.org/10.1021/jf010152t>
- Menzel, A., Yuan, Y., Matiu, M., Sparks, T., Scheifinger, H., Gehrig, R., & Estrella, N. (2020). Climate change fingerprints in recent European plant phenology. *Global Change Biology*, 26(4), 2599–2612. <https://doi.org/10.1111/gcb.15000>
- Ramírez-Azuaje, D., Pinto-Catari, I., Peraza-Marrero, M., Orosco-Vargas, C., & Pacheco-Coello, F. (2018). *Hibiscus sabdariffa* L. Una comparación de compuestos fenólicos totales y flavonoides en cálices y hoja. *Vitae*, (76), 1-5.
- Ramírez, J. D. P., Soria, E. E. A., Chinga, A. E. P., & Herrera, K. S. G. (2021). Condiciones de mercado para la demanda nacional del sachá inchi en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(1), 290–301.
- Revilla, M. X. Z., Morales, K. L., Pita, M. D. L. Á. B., Veiga, D., & Herrera, A. M. (2021). Potencial antioxidante de hojas de guanábana (*Annona muricata* L.) para sistemas productivos de banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 35-40.
- Reyes-Silva, J. A., Salazar-Campos, A., & Ríos-Cortes, H. H. (2020). Metabolitos secundarios de las plantas (angiospermas) y algunos usos interesantes. *UNO Sapiens Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 1*, 2(4), 16–18.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H. E., ... & Flaishman, M. A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(20), 7717-7723
- Tobar-Reyes, J. R., Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E. J., Cruz -Castillo, J. G. (2011). Fenoles de interés farmacológico en hojas de vides silvestres (*Vitis* spp.) de México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 10(2), 167-172.
- Valdiviezo, C. J., Romero Hidalgo, L. E., & Bonilla Bermeo, S. M. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *La Granja*, 30(2), 77–87. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.07>

- Varón, E. Y., Ospina, F. S., Murillo, E., & Méndez, J. J. (2007). Tamizaje fitoquímico y actividad antioxidante de extractos acuoso y orgánicos de *justicia pectoralis* jacq.(amansa toros) y de volátiles y no volátiles de *lippia alba mill.*(pronto alivio) cultivadas en diferentes pisos térmicos. *Scientia et Technica*, 13(33), 349-350.
- W. Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. B. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food chemistry*, 265, 316-328.
- Zenteno Pizarro, B. F. (2019). Extracción de principios activos de estructura fenólica y evaluación de la capacidad antioxidante a partir de *Azorella Compacta*.
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Lima Morales, K. A., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Rogel Jarrín, B. A. (2021). Incendios forestales un factor influyente en la degradación de la biodiversidad del cantón Chilla, Ecuador. *Revista Científica Del Amazonas*, 4(7), 5–12. <https://doi.org/10.34069/RA/2021.7.01>
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Mora Encalada, C., Quevedo Guerrero, J., Herrera Reyes, S., Morocho Castillo, A., & León Toro, J. (2021). Influencia De la Madurez de las Mazorcas de Cacao: Calidad Nutricional y Sensorial del Cultivar CCN-51. *Revista Bases de La Ciencia. e-ISSN 2588-0764*, 6(2), 27. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i2.270

**EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DEL PIMIENTO (*CAPSICUM ANNUN L.*)
BAJO DIFERENTES COBERTURAS VEGETALES MUERTAS, ECUADOR**MORPHOLOGICAL EVALUATION OF BELL PEPPER (*CAPSICUM ANNUN L.*)
UNDER DIFFERENT DEAD VEGETABLE COVERAGE, ECUADORWilly Fernando Romero Delgado^{1,2}E-mail: wromero3@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9491-9250>Edwin Edison Jaramillo Aguilar¹E-mail: ejaramillo@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>Ángel Eduardo Luna-Romero¹E-mail: aeluna@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>¹ Universidad Técnica de Machala (UTMACH), El Oro, Ecuador.² Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT).

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Romero Delgado, W. F., Jaramillo Aguilar, E.E., Luna-Romero, A.E. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*capsicum annun l.*) bajo diferentes coberturas vegetales muertas, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 134-142. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El sector agrícola ha tenido que adaptarse a elevados estándares de productividad, eficiencia y rentabilidad cada vez más altos lo que conlleva aplicar técnicas de preservación de suelo, como lo es el mulch. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de las cubiertas vegetales muertas frente al suelo sin cobertura en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), sobre aspectos morfológicos, parámetros de geotemperatura y flujo neto de calor en el suelo, para la comprensión de la modificación del microclima. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, donde se evaluaron cinco tratamientos de estudio: Suelo desnudo (T0), cubierta de coronta (T1), tamo de arroz (T2), fibra de coco (T3) y aserrín (T4). Se observó que la aplicación de coberturas vegetales muertas es capaz de alterar el microclima. El mulch de tamo de arroz ha presentado una tendencia a reducir la geotemperatura en cada una de las profundidades evaluadas. La morfología se ha visto influenciada en cada una de las coberturas vegetales, denotando que el mejor resultado relacionado a altura de planta y número de hojas y diámetro del tallo lo obtuvo el T2.

Palabras clave:

Geotemperatura, microclima, flujo neto de calor, cobertura vegetal muerta.

ABSTRACT

The agricultural sector has had to adapt to increasingly high standards of productivity, efficiency and profitability, which entails the application of soil preservation techniques, such as mulching. The objective of the present study was to evaluate the effect of dead vegetable coverage versus bare soil on the bell pepper crop (*Capsicum annum* L.), on morphological aspects, geotemperature parameters and net heat flux in the soil, for the understanding of microclimate modification. A completely randomized design (CRD) with three replications was used, where five treatments were evaluated: Bare soil (T0), coronta cover (T1), rice chaff (T2), coconut fiber (T3) and sawdust (T4). It was observed that the application of dead vegetation covers is capable of altering the microclimate. The rice chaff mulch has shown a tendency to reduce the geotemperature in each of the depths evaluated. The morphology has been influenced in each of the vegetation covers, showing that the best result related to plant height and number of leaves and stem diameter was obtained in T2.

Keywords:

Geotemperature, microclimate, net heat flow, dead vegetable coverage.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria es una problemática de gran relevancia y de preocupación mundial en presencia del aumento en la población y los peligros de no poseer la capacidad de suministrar los alimentos necesarios en vista de hechos relevantes provocados por el calentamiento global (Vázquez et al., 2018). En la actualidad, el sector agrícola ha tenido que adaptarse a la era de la globalización y libre mercado que demandan altos estándares de productividad, eficiencia y rentabilidad, lo que conlleva a la utilización de herramientas tecnológicas y de sostenibilidad ambiental (Infante, 2016).

El suelo es considerado uno de los más importantes recursos naturales, el cual es responsable de la presencia de la fauna y flora; así mismo, sustenta diversas operaciones económicas de progreso para la sociedad (Segura-Castruita, 2014). La labor humana desempeña sobre el suelo una gran presión, lo que agrava el impacto de la degradación de este recurso (IPCC, 2019). La sobreexplotación y las alteraciones en la cobertura del suelo son los factores más relevantes relacionados a la influencia humana en el proceso erosivo (Lense et al., 2021).

Las técnicas usuales para la preservación del suelo y agua contemplan medidas agronómicas, de ingeniería y enfoques biológicos. Entre ellas se destaca al mulch como medida agronómica importante, debido a sus beneficios en cuanto a su bajo costo de implementación y rápida acción (R. Li et al., 2021). Keesstra et al., (2019) mencionan que los acolchados vegetales pueden aplicarse como una técnica de manejo favorable para controlar las tasas de erosión del suelo en vista del efecto veloz sobre el alto grado de desprendimiento del suelo y la reducción del inicio de la escorrentía.

La temperatura del suelo es una pieza clave en el entorno edáfico, dado que ayuda a comprender y prever las alteraciones en los ecosistemas (Q. Li et al., 2021). Por tal motivo, es significativo evaluar si existen cambios de temperatura en cultivos con cobertura vegetal. La alteración del microclima frecuentemente garantiza un cultivo productivo y sostenible (Thakur & Kumar, 2021). La utilización de coberturas posee efectos en las características del microclima, como lo son, la temperatura del aire y a la temperatura del punto de rocío cerca de la superficie del suelo (Wang et al., 2018).

En Ecuador, la producción de pimiento ha demostrado un crecimiento constante, sin embargo, en el año 2018 tanto la producción como el área cosechada sufrieron una caída y a partir de ahí se han mantenido constantes. Para el año 2020 la producción de pimiento fue de 8 075 toneladas en un área cosechada de 2 204 hectáreas, de acuerdo a estos datos, es posible suponer que el rendimiento de pimiento en el país es de 3.66 t ha⁻¹ (FAO, 2020).

En este estudio se evaluó el efecto de las cubiertas vegetales muertas (tamo de arroz, aserrín, coronta y fibra de coco) frente al suelo sin cobertura en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.), a través de las variables morfológicas para contrastar como influye las cubiertas en el

desarrollo del cultivo. Además, se analizó los parámetros de geotemperatura y flujo neto de calor en el suelo, para la comprensión de la modificación del microclima.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr las metas propuestas se llevó a cabo el experimento en la Estación Experimental del Campus Santa Inés, de la Universidad Técnica de Machala, localizada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador, a 6 msnm. El lugar de estudio se caracteriza por poseer un clima cálido-tropical, afectado por la corriente fría de Humboldt y la aparición de la corriente cálida de El Niño, presenta una temperatura de 24° a 26° C (GAD Machala, 2015).

El cultivo estudiado fue pimiento plantado a campo abierto en un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones, con un total de 15 unidades experimentales (UE). Se evaluaron cuatro tipos de cobertura vegetal muerta: (T0, Práctica convencional sin cobertura), cubierta de coronta (T1), tamo de arroz (T2), fibra de coco (T3) y aserrín (T4), colocados en suelo de textura franco-arcillosa, pH ligeramente ácido (6.6), con 5.9% de materia orgánica.

Se realizó la preparación del terreno a través de un motocultor y se aplicó hongos benéficos del género *Trichoderma* sp. Las camas se establecieron con una extensión de 5 m de longitud, con ancho de cama de 1 m y las distancias que existen entre las camas fue de 1 m. Cada UE tuvo 16 plantas, para un total de 240 plantas para todo el estudio.

La aplicación del mulch (cubiertas vegetales muertas) se ejecutó una semana antes del trasplante del pimiento. Los mulches se dispersaron directo al suelo con un espesor de aproximadamente 1 cm.

Inmediatamente después de que las plántulas adquirieran una cantidad de 6 hojas verdaderas y una altura promedio de 10 cm, se procedió al trasplante (19/07/2022). El sistema del riego fue por goteo, con una separación entre emisores de 45 cm y con una descarga de 0-40 L h⁻¹. La aplicación de riego se estableció por periodos de 20 minutos cada 48 horas, mientras que la nutrición de las plantas se practicó por medio de fertilización edáfica, aplicando 3 kg de Sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄ a 12 días después de trasplante y 1 kg de Nitrato de calcio Ca (NO₃)₂ a los 34 días después del trasplante (ddt). Además, se practicó la aplicación de un bioestimulante a base de algas marinas a 15 ddt.

El control de arvenses se lo realizó semanalmente de manera manual en cada uno de los surcos. En relación al manejo de plagas y enfermedades, se aplicaron dos insecticidas con ingrediente activo Imidacloprid y Methomyl a los 7 ddt para el control de hormiga, coleópteros, mosca blanca y pulgones. Además, se efectuaron dos aplicaciones preventivas de un fungicida con ingrediente activo Oxicloruro de cobre y Mancozeb, la primera aplicación fue a 15 y 31 ddt.

geotemperaturas entre los 25 a 30°C, salvo los tratamientos T1 y T2 los cuales registraron temperaturas menores a 25 °C.

Finalmente, a los 30 cm los tratamientos T1, T3 y T4 mantuvieron un comportamiento similar donde la mayor parte de los valores de geotemperatura se encontraron entre los 20 a 25°C, a excepción del tratamiento T0 que registró valores superiores a 25°C. mientras que, T2 registró valores inferiores a 20°C. El comportamiento de las

geotemperaturas para el T2 en las tres profundidades coincide con los resultados reportados por Mendonça et al., (2021), donde mencionan que la cobertura de tamo de arroz disminuye la geotemperatura, debido a su albedo más alto y una conductividad térmica más baja que el suelo sin cobertura (suelo desnudo), lo que reduce la cantidad de radiación que llega a la superficie del suelo, lo que resulta en menos energía superficial disponible para calentar el suelo.

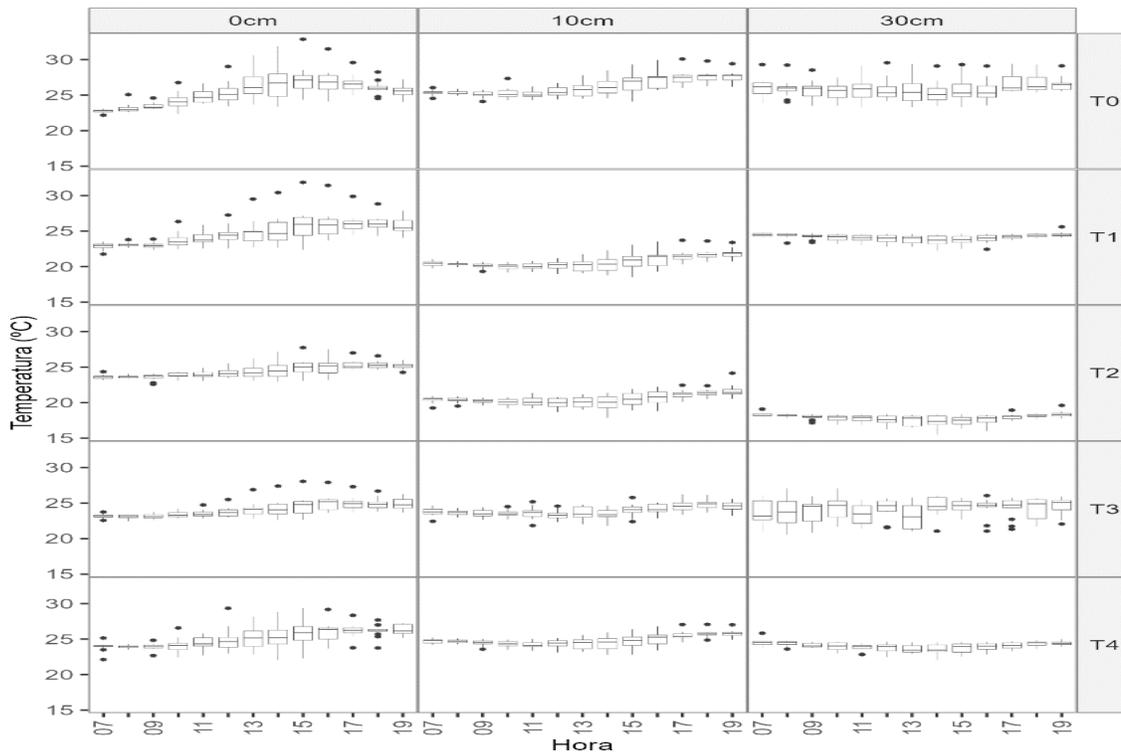


Figura 1. Comportamiento de geotemperatura en los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4) a través de los 0; 10 y 30 cm de profundidad, durante 12 días desde las 8:00 hasta las 19:00 horas

Evaluación estadística de la temperatura de suelo

Los tratamientos a 0cm, que mostraron un promedio de geotemperatura alta a las 8:00 fue T4 y T2 con 23,94 °C y 23,66 °C, respectivamente, siendo semejantes estadísticamente. En contraparte el T3 presentó la temperatura más baja con 23,07 °C. Referente al comportamiento de la geotemperatura a las 12:00 y 16:00, el tratamiento que mostró un promedio de geotemperaturas altas fue el T0 con 25,30 °C y 27,08 °C respectivamente. Por otro lado, T3 en este mismo horario presentó promedios de geotemperaturas más bajas con 23,73 °C y 25,01 °C (Figura 2a).

En la profundidad de 10cm, el T0 registró valores elevados de geotemperaturas en las lecturas registradas a las 8:00; 12:00 y 16:00 con 25,32 °C; 25,45 °C y 27,16 °C, respectivamente. Por otro lado, T1 fue la que presentó valores inferiores de geotemperatura registrada a las 8:00

con 23,73 °C, mientras que la cobertura de T2 obtuvo valores bajos de temperaturas en las lecturas registradas a las 12:00 y 16:00 con 19,93 °C y 20,70 °C, respectivamente (Figura 2b).

El tratamiento control registró valores elevados de geotemperaturas en las lecturas registradas a las 8:00; 12:00 y 16:00 con 25,96 °C; 25,58 °C y 25,22 °C respectivamente para la profundidad de 30 cm. Por otra parte, El T2 obtuvo valores inferiores de temperaturas en las lecturas registradas con 17,54 °C; 17,60 °C y 18,19 °C respectivamente (Figura 2c).

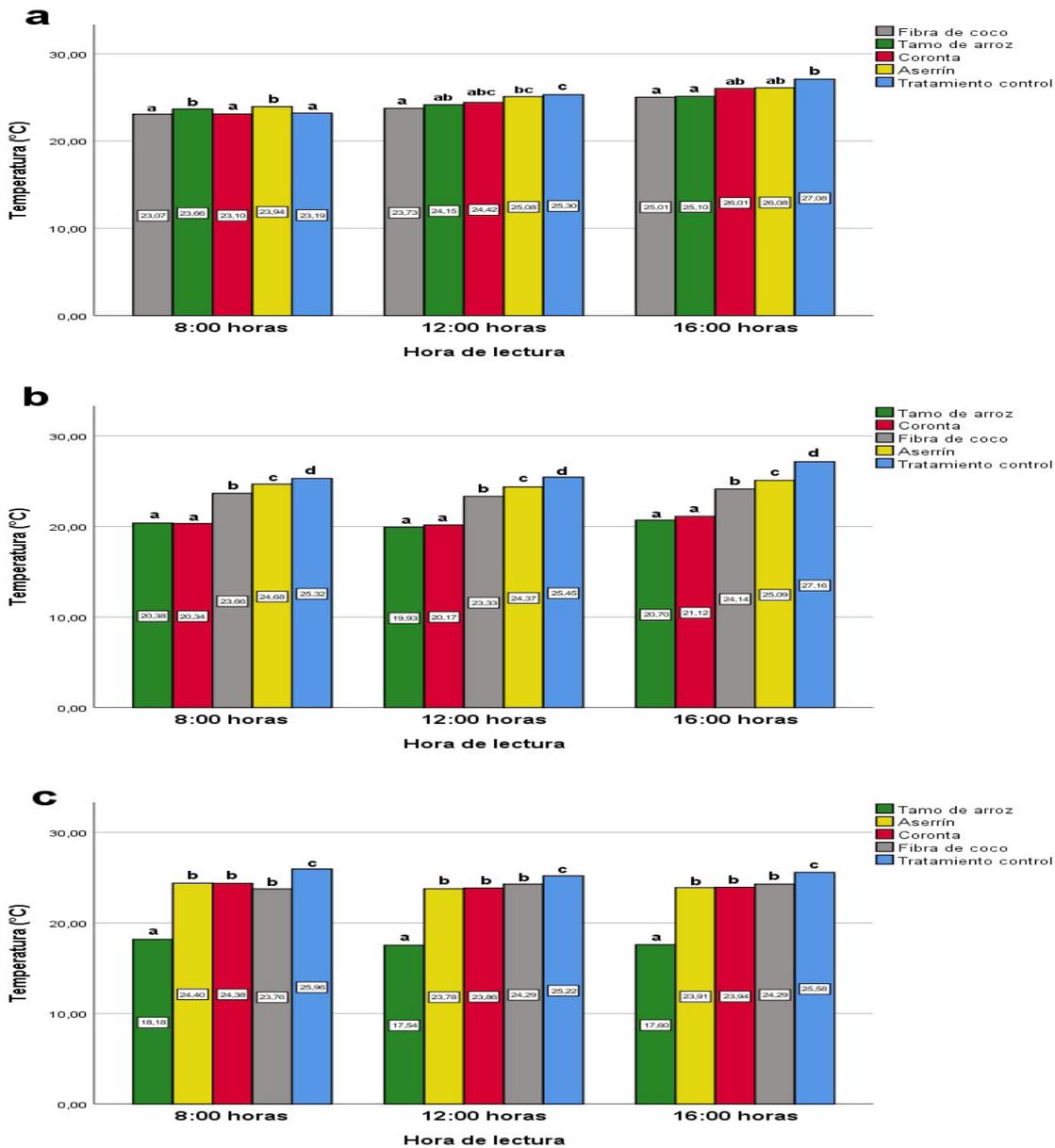


Figura 2. Valores promedio de la geotemperatura para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0, color azul); coronta (T1, color rojo); tamo de arroz (T2, color verde); fibra de coco (T3, color plomo) y aserrín (T4, color amarillo), en las diferentes profundidades de suelo: a) 0 cm, b) 10 cm y c) 30 cm, registradas para las 8:00; 12:00 y 16:00

Flujo de calor neto del suelo

En cuanto a flujo de calor, se puede observar que todos los tratamientos mostraron un comportamiento de tipo homogéneo en el primer horizonte de suelo (0 cm), donde se obtuvo una ganancia máxima de energía que no supera las $100 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ en horas de la tarde. Sin embargo, el T0 presentó variaciones en ciertas horas de los registros por la exposición directa de la radiación. El tratamiento T0 manifestó una ganancia máxima de energía, superior a los demás tratamientos, logrando alcanzar

hasta $150 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ en las profundidades de 20 y 30 cm (Figura 2a). Los tratamientos T0 y T3 se diferenciaron de los demás tratamientos generando ganancias de energía máxima superiores a $100 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (Figura 2b). El tratamiento T3 obtuvo una ganancia máxima de energía superior a $100 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ diferenciándose de cada uno de los tratamientos en el segundo y tercer horizonte (Figura 2c). Finalmente, El tratamiento T2 presentó una ganancia máxima de energía superior a $100 \text{ kcal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ distinguiéndose de cada uno de los tratamientos (Figura 2d).

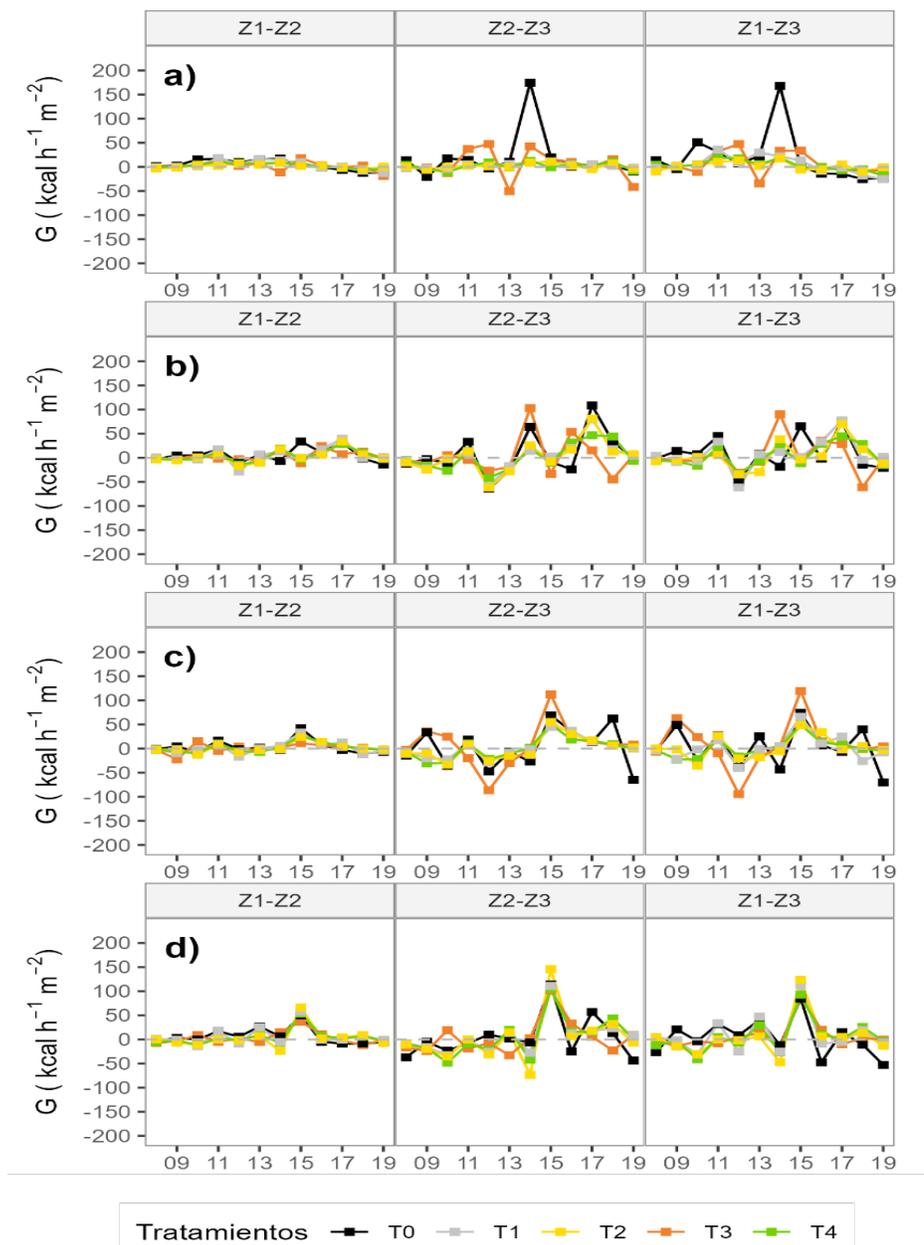


Figura 2. Comportamiento del flujo de calor determinados para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0, color negro); corona (T1, color gris); tamo de arroz (T2, color amarillo); fibra de coco (T3, color naranja) y aserrín (T4, color verde), en las diferentes profundidades de suelo expresada en capas de 0-10 cm (Z1-Z2); 10-30 cm (Z2-Z3); 0-30 cm (Z1-Z3). Durante los días a) 29/07/2022; b) 01/08/2022; c) 02/08/2022; d) 04/08/2022, desde las 8:00 hasta las 19:00 horas

Altura de planta

Los valores promedio de altura de planta de pimiento registrado a los 10 ddt no presentaron diferencias estadísticamente significativas en la variable entre los diferentes tratamientos. Los valores promedio de altura de plantas de pimiento a los 25 ddt se observan en la Figura 3. Los

tratamientos T0 y T2 mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos y presentaron las plantas de mayor altura con 17,87 cm y 17,67 cm respectivamente, siendo idénticos estadísticamente. T4 registró plantas de menor altura con 16,50 cm.

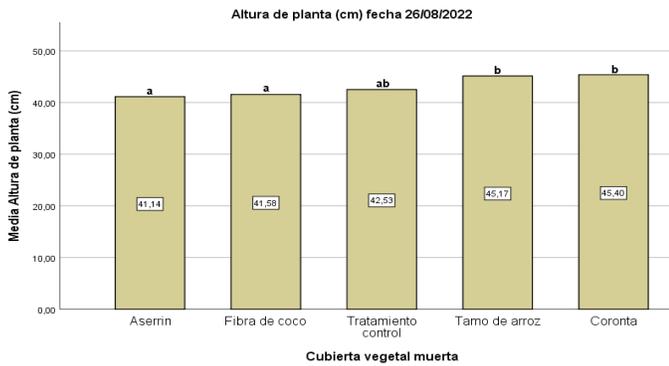


Figura 3. Valores promedios de altura de planta a los 25 ddt (12/08/2022) para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4)

En la Figura 4 se muestran los valores promedios de altura de planta de pimienta a los 40 ddt. Los tratamientos T1 y T2 mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos y exhibieron las plantas de mayor altura promedio con 45,40 cm y 45,17 cm respectivamente siendo idénticos estadísticamente. Resultados similares reportaron Mohamed et al. (2018), sobre el efecto positivo de la cobertura de tamo de arroz frente a coberturas tales como paja de trigo y del bagazo de caña de azúcar en época de verano donde se caracteriza por poseer elevadas temperaturas. Contrario a esto, Los tratamientos T3 y T4 presentaron las plantas de menor altura promedio con 41,58 cm y 41,14 cm respectivamente.

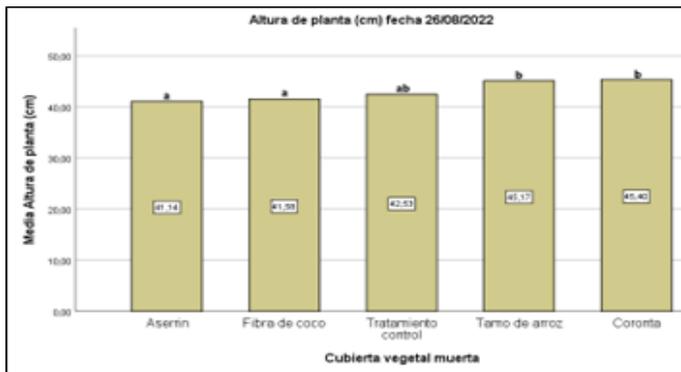


Figura 4. Valores promedios de altura de planta a los 40 ddt (26/08/2022) para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4)

Diámetro de tallo

Los valores promedios de diámetro de tallo del pimienta

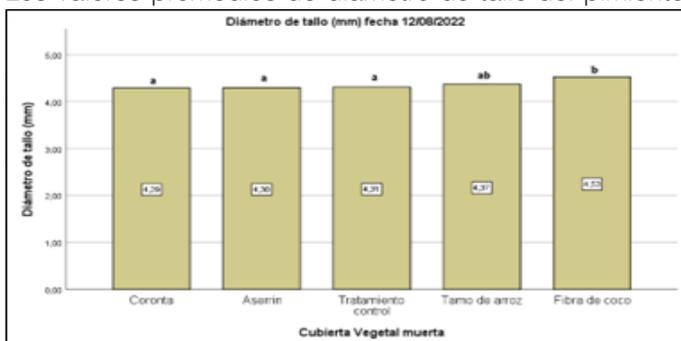


Figura 5. Valores promedios de diámetro de tallo expresado en mm a los 25 ddt (12/08/2022) para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4)

Los tratamientos T1 y T2 presentaron las plantas de mayor diámetro de tallo promedio con 9,77 mm y 9,63 mm respectivamente siendo idénticos estadísticamente. Bhutia L et al. (2018) manifiesta que la utilización de tamo de arroz como cobertura, permite reducir el estrés causado por cambios de temperatura, lo que conlleva a un incremento en el tamaño del diámetro de tallo en pimienta. Los tratamientos T0; T4 y T3 presentaron las plantas de menor diámetro de tallo con 8,99 mm; 9,74 mm y 8,62 mm respectivamente siendo semejantes estadísticamente (Figura 6).

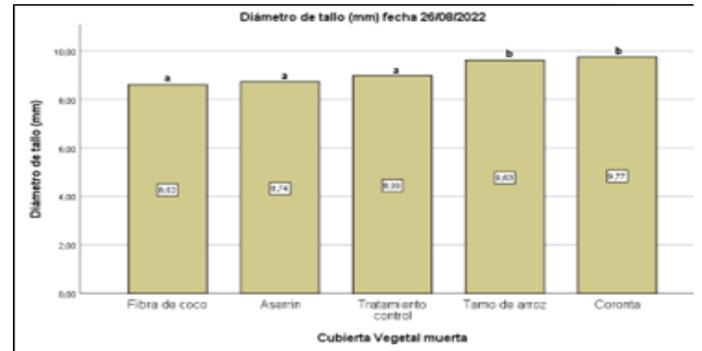


Figura 6. Valores promedios de diámetro de tallo expresado en mm de planta a los 40 ddt (26/08/2022) para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4)

Numero de hojas

En la Figura 7 se muestran los valores promedios del número de hojas de pimienta a los 10 ddt. T1 presentó las plantas con mayor número de hojas promedio con 7,20 hojas. T3 y T2 presentaron las plantas con menor número de hojas promedio con 6,53 y 6,40 hojas respectivamente siendo semejantes estadísticamente.

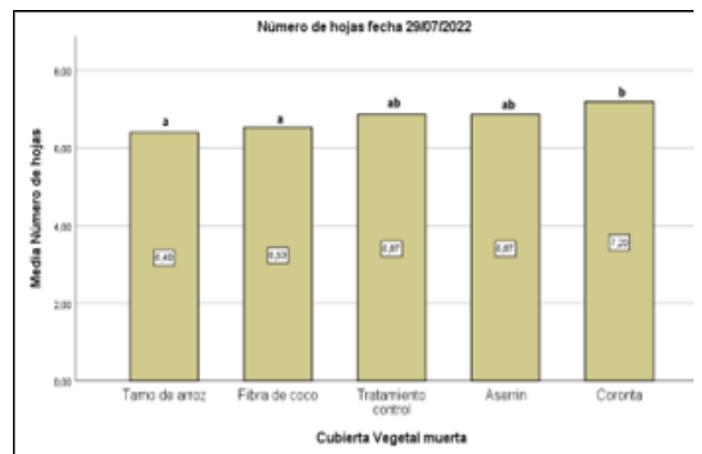


Figura 7. Valores promedios de número de hojas de tallo a los 10 ddt (29/07/2022) para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4)

En la Figura 8 se muestran los valores promedios del número de hojas de pimienta a los 25 ddt. Los tratamientos T3; T0; T4 y T2 exhibieron las plantas con mayor número de hojas promedio con 11,40; 11,40; 10,93 y 10,60 hojas respectivamente siendo semejantes estadísticamente. Mientras que T1 presentó las plantas con menor número de hojas promedio con 9,80 hojas.

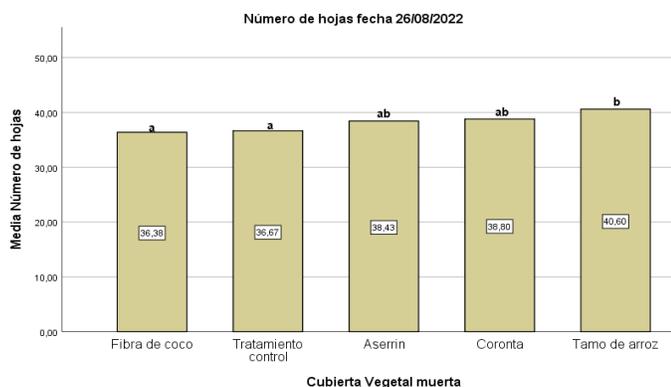


Figura 8. Valores promedios de número de hojas de planta a los 25 ddt (12/08/2022) para los tratamientos de suelo sin cobertura (T0); coronta (T1); tamo de arroz (T2); fibra de coco (T3) y aserrín (T4)

En la Figura 9 se muestran los valores promedios del número de hojas de pimienta a los 40 ddt. El T2 presentó las plantas con promedio más alto con 40,6 hojas. T3 presentó las plantas con el promedio más bajo con 36,38 hojas. Mohamed et al. (2018) reportó que el mulch de tamo de arroz posee un efecto significativo en la producción de número de hojas con respecto a las coberturas vegetales de paja de trigo y bagazo de caña de azúcar.

Respecto a la variable de índice de área foliar, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable entre los diferentes tratamientos de estudio.

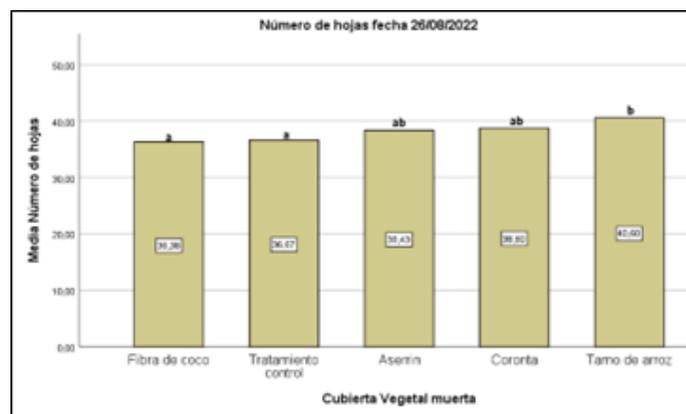


Figura 9. Valores promedios de número de hojas de planta a los 40 ddt

CONCLUSIONES

Basado en el estudio, se observó que la aplicación de coberturas vegetales muertas es capaz de alterar el microclima. El mulch de tamo de arroz ha presentado una tendencia a reducir la geotemperatura en cada una de las profundidades evaluadas. En relación al flujo neto de

calor, las coberturas vegetales lograron alterar la geotemperatura principalmente por el cambio del coeficiente de reflexión (albedo) produciendo una modificación del balance de la radiación neta sobre la superficie, con ganancias de energía máxima superior a las 100 kcal h⁻¹ m⁻² en los tratamientos T0; T2 y T3. La morfología se ha visto influenciada en cada una de las coberturas vegetales, denotando que el mejor resultado relacionado a altura de planta, lo obtuvo el tratamiento con cobertura de coronta y la cubierta de tamo de arroz. En lo que respecta a la variable diámetro de tallo el tratamiento con cobertura de coronta y la cubierta de tamo de arroz presentó los mejores resultados. Por otro lado, en la variable número de hojas por planta se pudo observar que la cubierta de tamo de arroz tuvo las plantas con mayor número de hojas. Por último, la variable índice de área foliar no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bhutia L, K., VK, K., Meetei NG, T., & Bhutia D, N. (2018). Effects Of Climate Change On Growth And Development Of Chilli. *Agrotechnology*, 07(02), 2–5. <https://doi.org/10.4172/2168-9881.1000180>
- FAO. (2020). Fao. FAOSTAT - *Producción Agrícola* [Online]. <https://www.fao.org/faostat/es/#country/58>
- GAD Machala. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala.
- Infante, F. (2016). La importancia de los factores productivos y su impacto en las organizaciones agrícolas en león *Guanajuato México*. 16, 393–406.
- IPCC. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Keesstra, S. D., Rodrigo-Comino, J., Novara, A., Giménez-Morera, A., Pulido, M., Di Prima, S., & Cerdà, A. (2019). Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain. An assessment using rainfall simulation experiments. *Catena*, 174, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.007>
- Lense, G. H. E., Parreiras, T. C., Moreira, R. S., Avanzi, J. C., & Mincato, R. L. (2021). Effect of spatial-temporal variation of land use and land cover on soil erosion. *Revista Caatinga*, 34(1), 90–98. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021V34N110RC>
- Li, Q., Zhu, Y., Shanguan, W., Wang, X., Li, L., & Yu, F. (September 2021). An attention-aware LSTM model for soil moisture and soil temperature prediction. *Geoderma*, 409, 115651. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115651>

- Li, R., Li, Q., & Pan, L. (2021). Review of organic mulching effects on soil and water loss. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(1), 136–151. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1718111>
- Lowery, B., Hickey, W. J., & Lai, R. (1996). Soil Water Parameters and Soil Quality. *Methods for Assessing Soil Quality*, 143–155.
- Mendonça, S. R., Ávila, M. C. R., Vital, R. G., Evangelista, Z. R., Pontes, N. de C., & Nascimento, A. dos R. (2021). The effect of different mulching on tomato development and yield. *Scientia Horticulturae*, 275(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Mohamed, E., AboEl-Kasem, S., Mahmoud, M., & ElKasas, A. (2018). Hybrids Variation and Wheat Straw Mulch Effects on Vegetative Growth and Fruit Yield of Sweet Pepper Under El-Arish Area Conditions. *Sinai Journal of Applied Sciences*, 7(3), 187–196. <https://doi.org/10.21608/sinjas.2018.79035>
- Puig, P. (1950). Curso teórico-práctico de ecuaciones diferenciales aplicado a la Física y Técnica. Biblioteca Matemática.
- Reis, L. S., de Azevedo, C. A. V., Albuquerque, A. W., & Junior, J. F. S. (2013). Leaf area index and productivity of tomatoes under greenhouse conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4), 386–391. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000400005>
- Segura-Castruita, M. A. (2014). The Soils of Mexico. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 66(1), 223–224. <https://doi.org/10.18268/BSGM2014v66n1a16>
- Silva, A. (1988). Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación*, 10(20).
- Steinhart, J. S., & Hart, S. R. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 15(4), 497–503. [https://doi.org/10.1016/0011-7471\(68\)90057-0](https://doi.org/10.1016/0011-7471(68)90057-0)
- Thakur, M., & Kumar, R. (2021). Light conditions and mulch modulates the damask rose (*Rosa damascena* Mill.) yield, quality, and soil environment under mid hill conditions of the western Himalaya. *Industrial Crops and Products*, 163(6), 113317. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113317>
- Vázquez, A. P., Trinidad, D. A. L., & Merino, F. C. G. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 175–189.
- Wang, J., Zhang, Y., Gong, S., Xu, D., Snyder, R., Chen, Y., Zhao, Y., & Yan, Q. (2018). Effects of straw mulching on microclimate characteristics and evapotranspiration of drip-irrigated winter wheat in North China Plain. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2), 122–131. <https://doi.org/10.25165/ijabe.20181102.3192>

**EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DEL PIMIENTO (*CAPSICUM ANNUN L.*)
BAJO COBERTURAS PLÁSTICAS DE DIFERENTES COLORES, ECUADOR**MORPHOLOGICAL EVALUATION OF BELL PEPPER (*CAPSICUM ANNUN L.*) UNDER PLASTIC COVERS OF DIFFERENT COLORS, ECUADOR

Pedro Andrés Batallas Sánchez^{1,2}
E-mail: pbatallas3@utmachala.edu.ec
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2196-9414>
Edwin Edison Jaramillo Aguilar¹
E-mail: ejaramillo@utmachala.edu.ec
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>
Ángel Eduardo Luna-Romero¹
E-mail: aeluna@utmachala.edu.ec
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

¹ Universidad Técnica de Machala (UTMACH), El Oro, Ecuador.

² Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT), UTMACH. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Batallas Sánchez, P. A., Jaramillo Aguilar, E. E., Luna-Romero, A. E. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*capsicum annun l.*) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 143-152. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Debido a los retos que presenta la seguridad alimentaria, principalmente por los cambios en los patrones climáticos y degradación de los suelos, la agricultura ha adoptado nuevas técnicas como el uso de coberturas plásticas, que mejoran las propiedades físicas del suelo. Por eso en este estudio se evaluó morfológicamente el efecto que tienen las cubiertas plásticas de diferentes colores frente al suelo desnudo en el cultivo de pimiento. Se analizaron los parámetros de geotemperatura y flujo neto de calor en el suelo. Se realizaron cinco tratamientos: tratamiento control (T0, suelo sin cobertura), cubierta plástica de diferentes colores: negro (T1), rojo (T2), azul (T3) y verde (T4). Se utilizó diseño completamente al azar con tres repeticiones. El mulch plástico es capaz de modificar el microclima, e influye en la variabilidad de la geotemperatura en los primeros horizontes. Además, presentaron mayor energía acumulada con respecto al suelo desnudo. Las variables morfológicas del cultivo fueron influenciadas favorablemente por los tratamientos del mulch plástico, destacando el T3 y T2 en la altura de planta, en diámetro del tallo el T2 presenta mejores resultados, El número de hojas estuvieron influenciados por el T2 y T4.

Palabras clave:

Mulch, geotemperatura, microclima, flujo neto de calor.

ABSTRACT

Due to the challenges presented by food security, mainly due to changes in weather patterns and soil degradation, agriculture has adopted new techniques such as the use of plastic covers, which improve the physical properties of the soil. That is why in this study the effect of plastic covers of different colors against bare soil on pepper cultivation was morphologically evaluated. The parameters of geotemperature and net heat flux in the soil were analyzed. Five treatments were performed: control treatment (T0, floor without cover), plastic cover of different colors: black (T1), red (T2), blue (T3) and green (T4). Completely random design with three repetitions was used. The plastic mulch is able to modify the microclimate, and influences the variability of the geotemperature in the first horizons. In addition, they presented greater accumulated energy with respect to the bare ground. The morphological variables of the crop were favorably influenced by the treatments of the plastic mulch, highlighting the T3 and T2 in the height of the plant, in diameter of the stem the T2 presents better results. The number of leaves were influenced by the T2 and T4.

Keywords:

Mulch, geotemperature, microclimate, net heat flow.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola es altamente dependiente de las condiciones ambientales, en especial de la temperatura y la precipitación, siendo considerado como el más vulnerable a los cambios en los patrones climáticos (Chalise et al., 2017). Por tanto, la agricultura necesita adaptarse a estos nuevos escenarios climáticos, enfocándose en la sostenibilidad de la seguridad alimentaria para la creciente población mundial (Iglesias & Garrote, 2015).

Se puede considerar al suelo como uno de los pilares más importantes en la seguridad alimentaria global, ya que constituye la base para la producción de alimentos. De este recurso también dependen los grandes y pequeños agricultores, debido a que representa su medio de subsistencia. En el ámbito ambiental, el suelo es un recurso natural que ayuda en la regulación de las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Sin embargo, aproximadamente el 33% de los suelos globales están moderadamente o altamente degradados (FAO, 2017).

La modificación microclimática garantiza un cultivo sustentable y una alta producción (Thakur & Kumar, 2021). Por tal motivo, se han establecido técnicas de modificación como el uso de coberturas plásticas (Kader et al., 2017). Esta técnica ha sido adoptada principalmente por su precio accesible y rápida instalación. Además, ayuda en el control de malezas y facilita la modificación de variables microclimáticas como la temperatura del suelo, humedad y la tasa de transpiración de las plantas (Qadeer et al., 2021).

Estas coberturas plásticas también reducen la lixiviación de nutrientes y mejoran la absorción de los mismos, ayudan en el control de plagas, aumentan la eficiencia de los agroquímicos y dan lugar a una cosecha más limpia (Torres et al., 2016). Además, aumentan el uso eficiente del agua debido a que reducen de manera significativa la pérdida por evaporación del agua superficial del suelo (Zhu et al., 2021).

En Ecuador, la producción de pimiento ha demostrado un crecimiento constante, sin embargo, en el año 2018 tanto la producción como el área cosechada sufrieron una caída y a partir de ahí se han mantenido constantes. Para el año 2020 la producción de pimiento fue de 8.075 toneladas en un área cosechada de 2.204 hectáreas, de acuerdo a estos datos, se puede inferir que el rendimiento de pimiento en el país es de 3,66 t ha⁻¹ (FAO, 2020).

En este estudio se evaluó morfológicamente el efecto que tienen las cubiertas plásticas de diferentes colores (negro, rojo, verde y azul) frente al suelo desnudo (control) en el cultivo de pimiento (*Capsicum Annun L.*), Ecuador. Además, se analizó los parámetros de geotemperatura y flujo neto de calor en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental del Campus Santa Inés, de la Universidad Técnica de Machala, localizada en la parroquia El Cambio, provincia

de El Oro, Ecuador, a 6 msnm. El clima de la zona se caracteriza por poseer una temperatura promedio anual que oscila entre 24 y 26 °C, con una precipitación total anual hasta los 1250 mm (GAD Machala, 2015).

Diseño experimental

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Se realizaron cinco tratamientos: tratamiento control (T0, Práctica convencional sin cobertura), cubierta plástica de diferentes colores: negro (T1), rojo (T2), azul (T3) y verde (T4). Cada unidad experimental (UE) tuvo una superficie (5 m²) con dimensiones de 5 m (longitud) x 1 m (ancho). Cada UE contó con 16 plantas, para un total de 240 plantas en toda la parcela de estudio.

Manejo del experimento

Preparación del terreno: se roturó el suelo mediante la utilización de un motocultor. Luego se formaron las camas de siembra a 1 m de ancho y 0,8 m de calle, y se efectuó la aplicación de hongos benéficos del género *Trichoderma* sp. Después se colocaron las cubiertas plásticas de polietileno en las camas y se realizaron perforaciones para ubicar las plantas y los emisores del riego.

Trasplante: las plántulas se llevaron a campo con seis hojas verdaderas y una altura promedio de 10 cm, a tres bolillos con 60 cm de separación entre plantas. Al momento de colocar las plantas se sumergieron las raíces por unos segundos en una solución a base de un bioestimulante (algas marinas) y un fungicida (Mancozeb y Oxicloruro de cobre).

Fertilización: se aplicó 3 kg de Sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄ a 12 días después de trasplante (ddt) y 1 kg de Nitrato de calcio Ca (NO₃)₂ a los 34 ddt. También se realizó la aplicación de un bioestimulante a base de algas marinas a 15 ddt.

Riego: se utilizó el sistema de riego por goteo, con línea regante superficial de 20 mm de diámetro. En cada línea se colocaron goteros ajustables a 45 cm de separación con descarga de 0 a 40 L h⁻¹ y se estableció la misma frecuencia de riego para todos los tratamientos.

Control de plagas y enfermedades: el control de malezas se lo efectuó de manera manual cada semana en los surcos. Respecto al control de insectos, se aplicaron dos insecticidas con ingrediente activo Imidacloprid y Methomyl una semana después del trasplante para el control de hormiga, coleópteros, mosca blanca y pulgones. También se realizaron dos aplicaciones preventivas de un fungicida con ingrediente activo Oxicloruro de cobre y Mancozeb, la primera aplicación fue a 15 ddt y la segunda, luego de haberse realizado una poda de hojas bajas para evitar una posible infección por hongos.

Calibración de termistores: se registró los valores de resistencia, observados en un multímetro, de cada termistor sumergido en agua a la temperatura de 5, 25 y 50 °C, luego con estos valores obtenidos se calcularon los coeficientes de Steinhart-Hart en la Thermistor Calculator V1.1

desarrollada por Stanford Research Systems Inc (SRS, 2012).

Medición de variables físicas del suelo y morfológicas en el cultivo

Determinación de propiedades físicas de suelo: se realizó una calicata de donde se extrajeron muestras a 0, 10, 20 y 30 cm de profundidad. Los parámetros físicos como densidad aparente (Da) y humedad gravimétrica (Gw) se determinaron de acuerdo al método y ecuaciones propuestas por Lowery et al. (1996). Por otro lado, el punto de marchitez permanente (PMP) se determinó de acuerdo a la ecuación propuesta por Silva et al. (1988) donde utiliza el valor de Gw a capacidad de campo (ecuación 1). El calor específico de suelo seco (C_{ss}) en las diferentes profundidades de estudio se determinó de acuerdo al método de Unsuihuay (2002).

$$PMP = Gw \times 0.74 - 5 \quad (1)$$

Temperatura de suelo: Fue medida a los 0, 10 y 30 cm de profundidad mediante el uso de termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC, por sus siglas en inglés) de 10 000 Ω. Estos termistores fueron colocados en cinco camaras al azar, abarcando los cinco tratamientos de estudio. Con el uso de un multímetro se obtuvieron los valores de resistencia durante 12 días de 7:00 a 19:00. Por último, mediante la aplicación de la ecuación propuesta por Steinhart & Hart (1968) se convirtieron los valores de resistencia en temperatura (ecuación 2).

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

Donde: T es la temperatura (Kelvin), R el valor de resistencia (Ω), y A, B y C son los coeficientes calculados.

Flujo neto de calor en el suelo: fue calculado a los 0, 10 y 30 cm de profundidad mediante la ecuación establecida por Puig (1950) basado en la ley de Fourier (ecuación 3).

$$Q = -K (\Delta T/\Delta X) \quad (3)$$

Donde: Q es el flujo neto de calor, K es la conductividad térmica del material y ΔT/ΔX es el gradiente de temperatura.

Altura de planta: se midieron las plantas desde la base del tallo hasta la yema terminal apical. Se realizaron tres lecturas con la ayuda de una cinta métrica cada 15 días en las 5 plantas seleccionadas por cada tratamiento.

Diámetro de tallo: se midió el diámetro del tallo a 1 cm desde la superficie del suelo. Se realizaron tres lecturas con la ayuda de un calibrador cada 15 días en las 5 plantas seleccionadas por cada tratamiento.

Número de hojas: se realizó un conteo de las hojas completamente formadas en tres fechas, cada 15 días en las 5 plantas seleccionadas por cada tratamiento.

Índice de área foliar: se extrajeron 3 hojas de las diferentes plantas evaluadas por cada tratamiento, luego se colocaron estas hojas sobre un papel milimetrado y se tomaron fotos con un dispositivo móvil para el cálculo

del área foliar en el software Image J. Luego se utilizó la ecuación 4 propuesta por Reis et al. (2013) para calcular el índice de área foliar (IAF).

$$IAF = (AF \times NP) / AT \quad (4)$$

Donde: AF es el área foliar media de tres plantas, NP es el número de plantas por m² y AT es el área total considerada como 1 m².

Métodos estadísticos

Se efectuó la prueba paramétrica Análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos, con la finalidad de determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos del factor de estudio y de ser ese el caso, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan a p<0,05 para conocer que tratamientos presentaron diferencias significativas. Finalmente, se utilizaron gráficos de barras para representar los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas de suelo

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de las diferentes propiedades físicas de suelo en las profundidades evaluadas, mismas que sirvieron como variables para los posteriores cálculos de flujo neto de calor.

Tabla 1. Propiedades físicas de suelo en las profundidades de 0, 10, 20 y 30 cm

Nivel (cm)	Da (g cm ⁻³)	Gw (%)	C _{ss} (cal g °C ⁻¹)	PMP (%)
0	1,37	30,02	0,04	17,21
10	1,35	32,38	0,11	18,96
20	1,37	31,79	0,17	18,52
30	1,35	31,72	0,15	18,47

Donde Da es densidad aparente, Gw es humedad gravimétrica, C_{ss} es calor específico de suelo seco y PMP es punto de marchitez permanente

Temperatura de suelo

De acuerdo a los valores de geotemperatura registrados se pudo evidenciar distintos comportamientos de los tratamientos de estudio en las diferentes profundidades evaluadas. Es así que, a los 0 cm los tratamientos con cobertura de color azul (T3), negro (T1) y tratamiento control (T0) mantuvieron una tendencia similar con valores de temperatura mayores a 25 °C, mientras que, los tratamientos con cobertura roja (T2) y verde (T4) presentaron valores menores a 20 °C. Por otro lado, a los 10 cm los tratamientos con mayor temperatura fueron el T3, T1 y T2, siendo los tratamientos T0 y T4 los que menor temperatura registraron, por debajo de los 20 °C. Por último, a los 30 cm, el comportamiento de los tratamientos T3, T1 y T4 fue similar con valores de temperatura entre 20 y 25 °C (Figura 1). La literatura menciona que los plásticos aumentan la temperatura con respecto a los suelos desnudos, donde Mendonça et al., (2021) destaca

el plástico de color negro tiende a absorber y transmitir más radiación de onda corta, lo que provoca un aumento de la temperatura del perfil del suelo. Sin embargo, en el

ensayo el plástico de color verde y rojo se contraponen a lo reportado en la literatura.

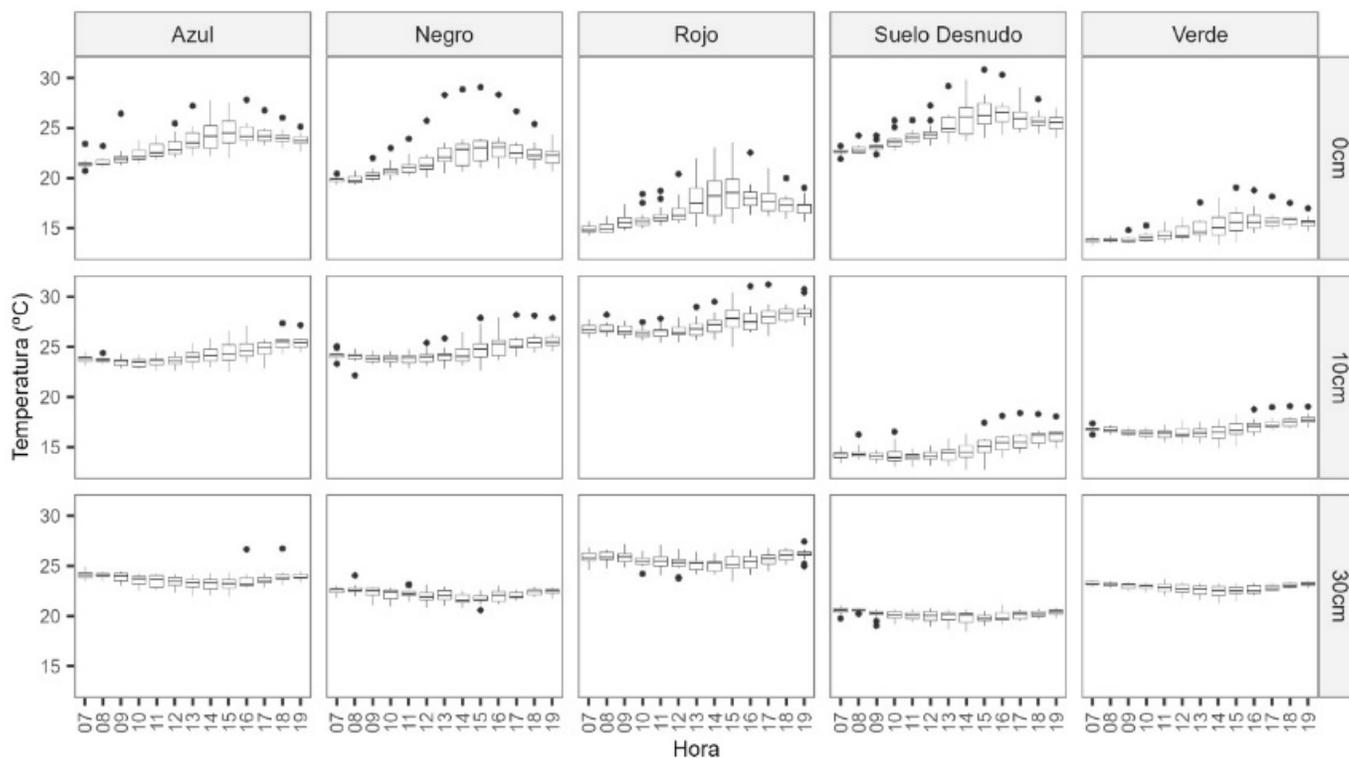


Figura 1. Comportamiento de la temperatura de suelo en los cinco tratamientos de estudio en las profundidades de 0, 10 y 30 cm

Ashrafuzzaman et al., (2011) asegura que en horas de la mañana los valores de temperatura de suelo son bajos, incrementándose de manera paulatina hasta alcanzar su punto máximo a las 15:00 horas, decreciendo en las horas posteriores. Este comportamiento también se evidenció en el ensayo realizado, tanto en los tratamientos con coberturas plásticas de colores, como en el grupo control.

La temperatura de suelo presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en las 3 profundidades de lectura. El T2 fue el que registró valores con mayor temperatura en las profundidades de 10 y 30 cm con respecto a los demás tratamientos. Además, el T0 es el que registró valores con menores temperatura a los 10 y 30 cm. Por otro lado, T0 es el que registró valores de mayor de temperatura a 0 cm de suelo con una media de 22,89; 24,45 y 26,63 °C a las 8:00, 12:00 y 16:00, respectivamente. Seguido del T3 con 21,64; 23,02 y 24,69 °C a las 8:00, 12:00 y 16:00, respectivamente. Mientras tanto, el T4 fue el tratamiento que menor temperatura registró 13,83; 14,68 y 15,92 °C, en el mismo horario que los otros tratamientos mencionados (Figura 2a).

Respecto a la temperatura de suelo a 10 cm de profundidad, el tratamiento que registró mayor temperatura en los 3 horarios (8:00, 12:00 y 16:00) fue el T2 con 26,83; 26,60 y 27,92 °C. Seguido del tratamiento con plástico negro (T1), cuya temperatura media fue de 23,99; 24,04 y 26,17 °C, y finalmente, el T0 fue el que menor temperatura registró con 14,46; 14,14 y 15,52 °C (Figura 2b).

En la profundidad de 30 cm para los mismos 3 horarios, el T2 registro mayor temperatura con los siguientes valores: 25,91; 25,33 y 25,45 °C. Seguido del T3, cuya temperatura media fue de 24,05; 23,42 y 23,71 °C. El T0 fue el que menor temperatura registró con 20,56; 20,05 y 20,07 °C, los datos de temperatura se cuantifican de acuerdo a las 8:00; 12:00 y 16:00 (Figura 2c). Los resultados obtenidos en las profundidades de 10 y 30 cm guardaron relación con lo investigado por Mendonça et al. (2021), quien determinó que el mulch plástico aumenta la temperatura con respecto al control, de color negro y verde incrementaron de manera significativa la temperatura del suelo, respecto al suelo desnudo.

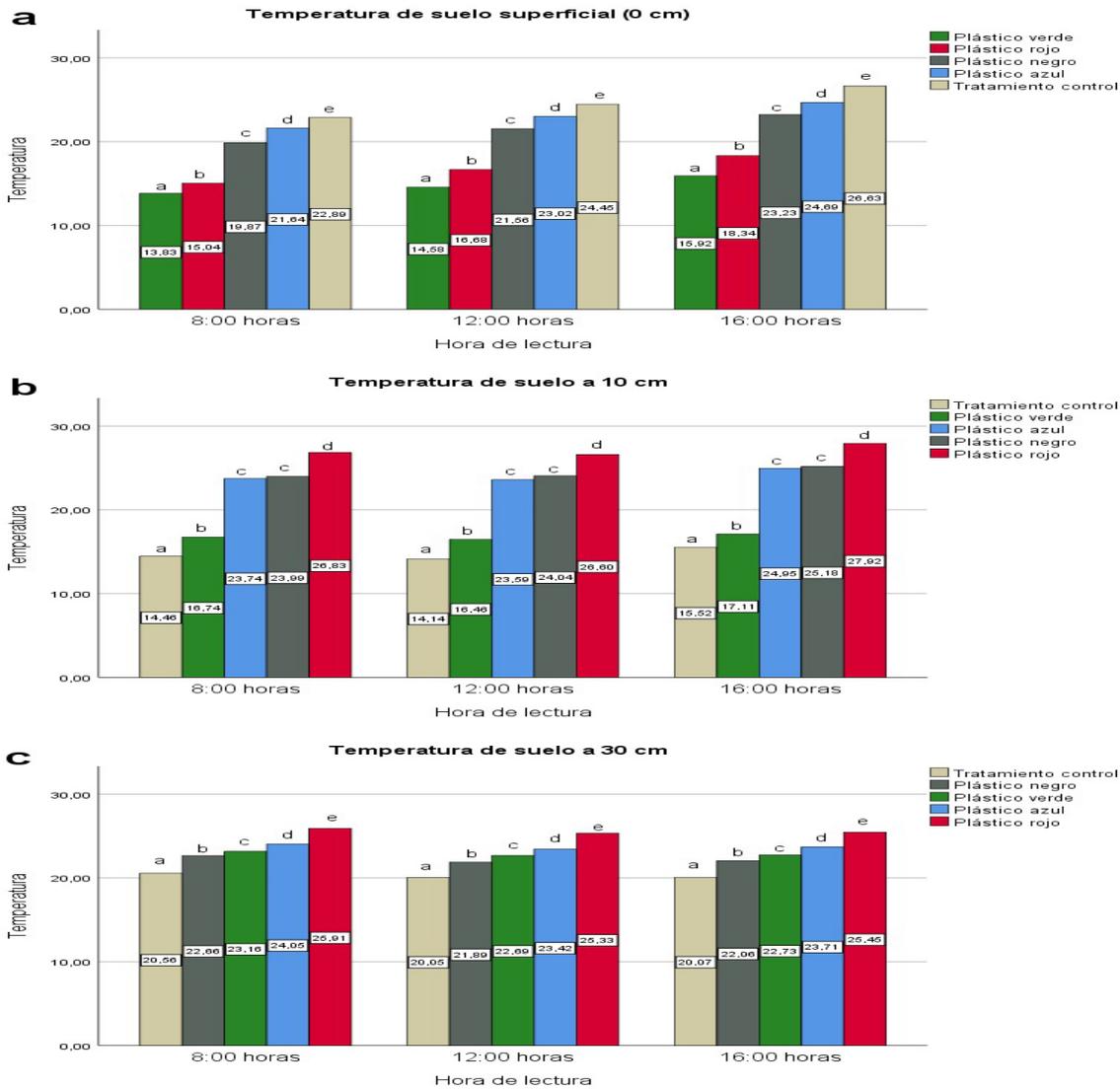


Figura 2. Promedio de la geotemperatura registrada en tres horas a las distintas profundidades de suelo: a 0 cm, b 10 cm y c 30 cm

Flujo neto de calor

Según los resultados obtenidos referentes a flujo de calor en el suelo, todos los tratamientos de estudio en el primer horizonte de suelo (0 cm), excepto el T0 y T3, mantuvieron una ganancia de calor moderada llegando hasta las 50 kcal h⁻¹ m⁻². Los tratamientos antes exceptuados registraron picos de ganancia de calor inusual, el primero en horas de la mañana, mientras que el segundo en la tarde. Por otro lado, en el segundo horizonte de suelo la ganancia de calor fue más notoria superando las 75 kcal h⁻¹ m⁻² en la mayoría de días, siendo el T0 y T2 los que mayor ganancia de calor registraron en la mañana y el T3

en horas de la tarde. Respecto al tercer horizonte, el T1 registró picos de ganancia de calor superior al resto de tratamientos tanto en la mañana como en la tarde, a su vez, el T3 también presentó picos de ganancia de calor, pero solo en la tarde. De manera general, en la mayoría de los días los tratamientos con cubiertas plásticas empezaron su ganancia de calor entre las 9:00 y 10:00, mientras que el tratamiento control ya se encontraba ganando calor desde la primera lectura a las 7:00. Por otra parte, la pérdida de calor en los tratamientos empezó a ocurrir a las 17:00 (Figura 3).

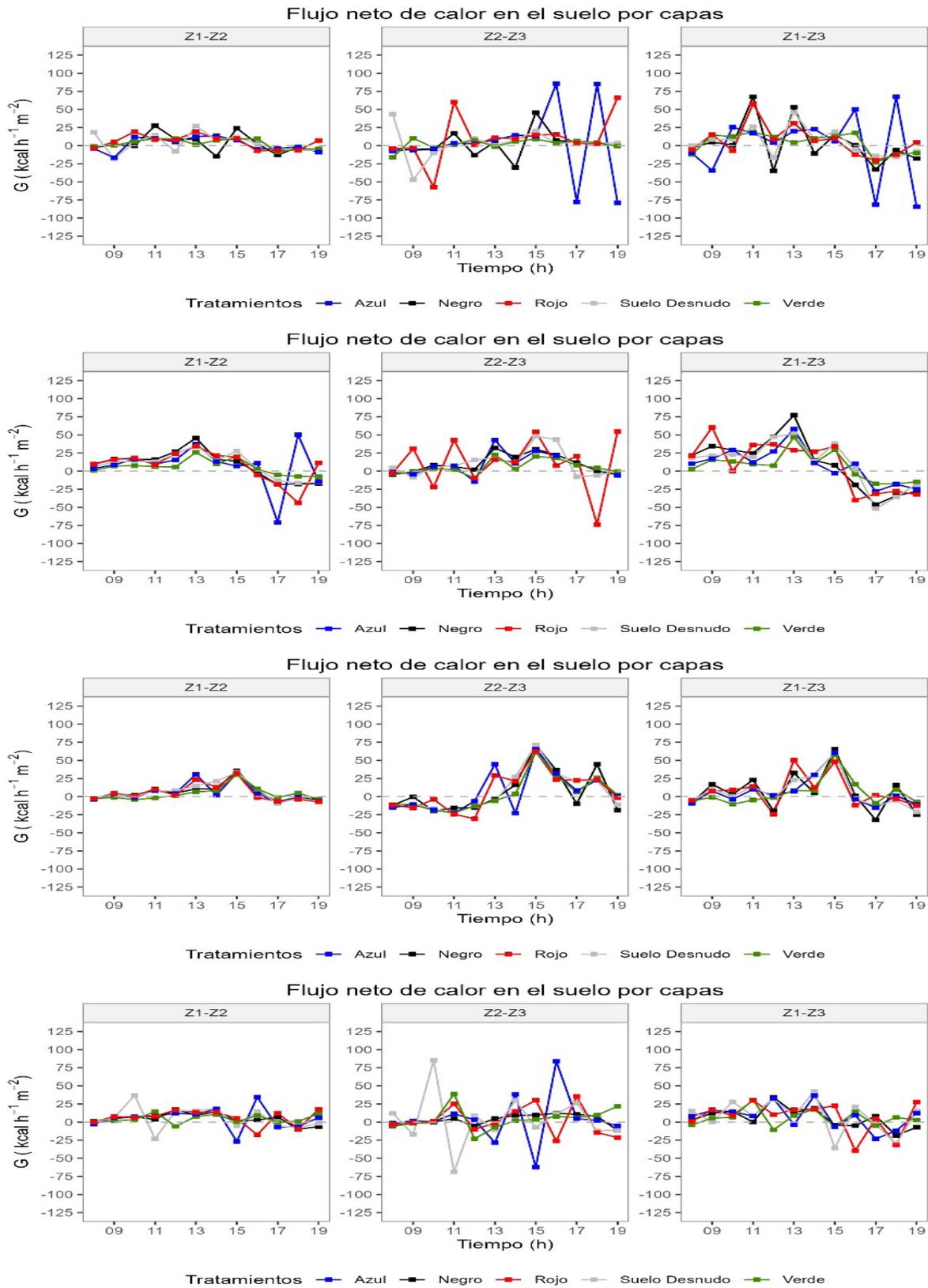


Figura 3. Flujo de calor en el suelo en las tres profundidades analizadas

Altura de planta

Los resultados referentes a altura de planta a 10 ddt (29/07/2022) mostraron que el T3 obtuvo el valor promedio más alto con 13,97 cm, siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) entre los demás tratamientos incluido T0, mismo que presentó el valor promedio más bajo con 12,49 cm. A los 25 ddt (12/08/2022) también mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el T3 que obtuvo el valor promedio más alto con 18,30 cm que los demás tratamientos, donde se encontró al T0 con el promedio más bajo con 16,41 cm. En las primeras dos lecturas se

pudo evidenciar que la altura de planta fue mayor en los tratamientos con coberturas plásticas con respecto al tratamiento control sin cobertura, lo que coincidió con los resultados obtenidos por Adekaldu et al., (2021). En los resultados obtenidos a 40 ddt (26/08/2022) el T0 y el T2 mostraron semejanzas estadísticas entre ellos con los valores promedios más altos, 47,27 y 47,59 cm, respectivamente. Estos tratamientos a su vez presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos, donde la cobertura plástica negra obtuvo el valor promedio más bajo con 43,22 cm (Figura 4).

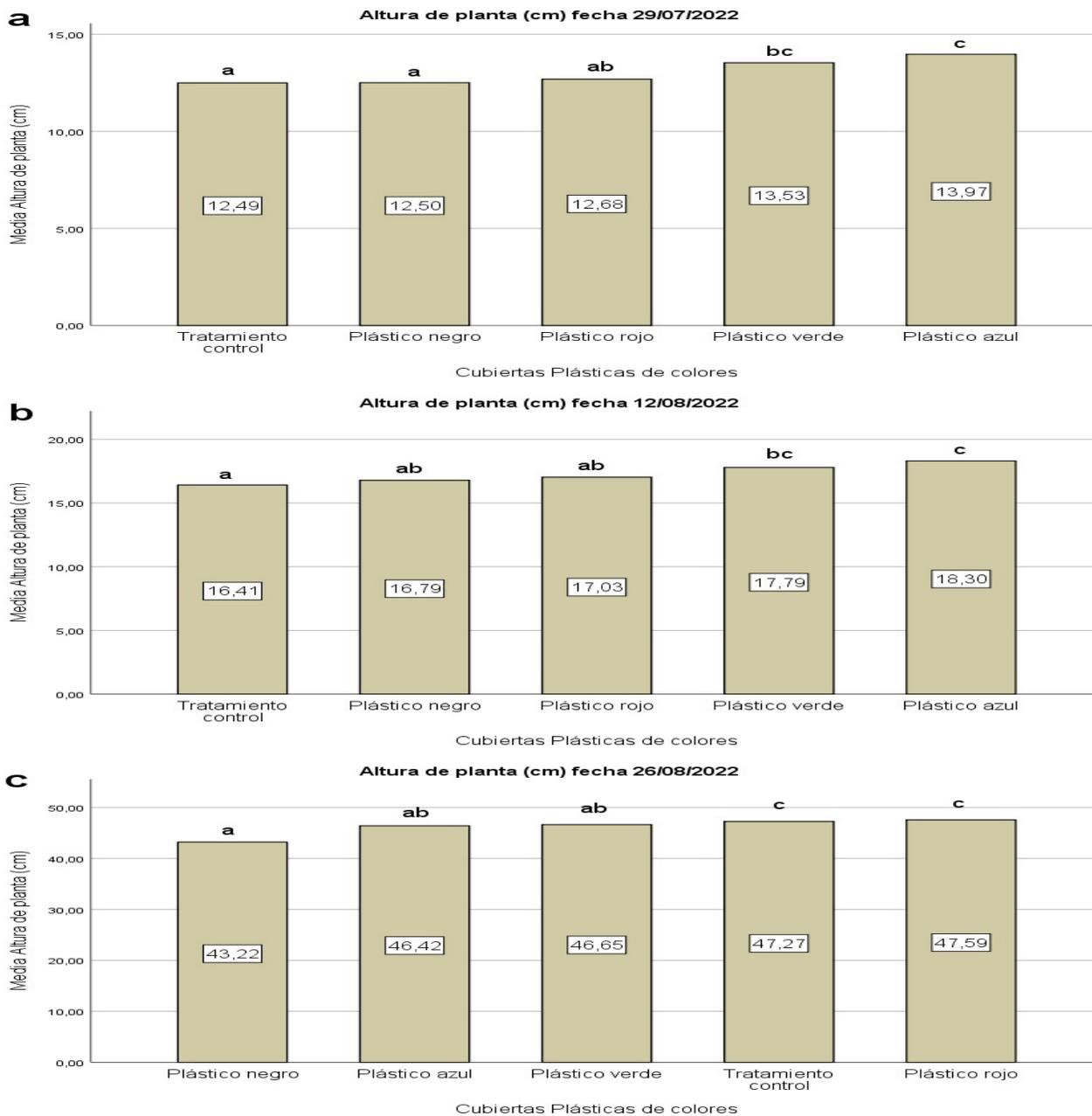


Figura 4. Promedio de altura de planta en los diferentes días después de trasplante: a 10 ddt, b 25 ddt y c 40 ddt

Diámetro de tallo

En los resultados obtenidos referentes a diámetro de tallo a 10 ddt (29/07/2022) y a 40 ddt (26/08/2022), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio. Sin embargo, En los resultados a 25 ddt (12/08/2022) si se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con el T2 que obtuvo el

valor promedio más alto con 4,53 mm, respecto al T0 con 4,29 mm (Figura 5). Esto tuvo relación con los resultados obtenidos por Ashrafuzzaman et al. (2011), donde el diámetro de tallo estuvo influenciado por todos los tratamientos de estudio con coberturas plásticas de colores (transparente, negro y azul) registrando promedios mayores a los obtenidos con el tratamiento control.

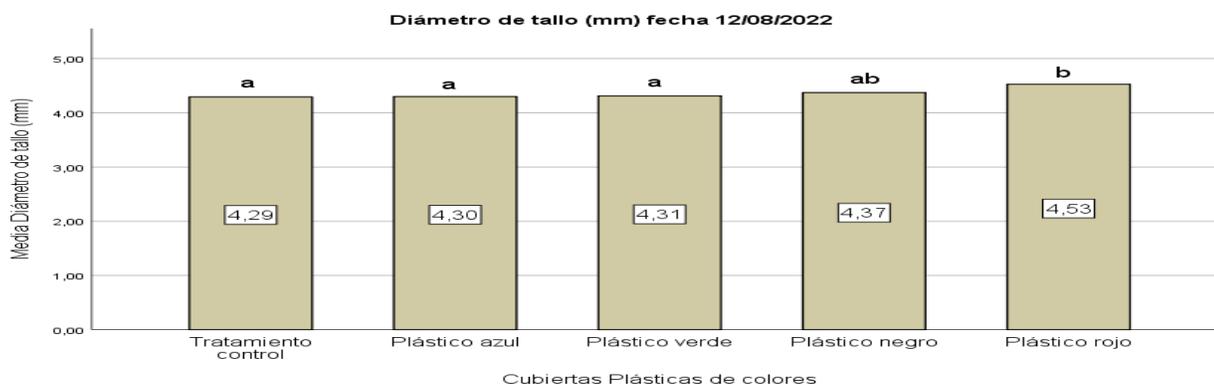


Figura 5. Promedio de diámetro de tallo a 25 ddt (12/08/2022), expresado en mm para los diferentes tratamientos

Número de hojas

Los resultados referentes a número de hojas a 10 ddt (29/07/2022) mostraron que el T2 obtuvo el valor promedio más alto con 7,53 hojas, siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) entre los demás tratamientos incluido T0, mismo que presentó el valor promedio más bajo con 6,47 hojas. Los resultados obtenidos a los 25 ddt (12/08/2022) también mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el T4 que obtuvo el valor promedio más alto con 11,40 hojas con respecto a los demás tratamientos, donde se encontró al T0 con el promedio más bajo

con 9,73 hojas (Figura 6). En las dos primeras lecturas fue posible evidenciar que las coberturas producen un mayor número de hojas por planta que el T0, lo que coincidió con Ashrafuzzaman et al., (2011) en su investigación que estuvo enfocada en evaluar el crecimiento y rendimiento en plantas de pimienta.

Los resultados que se obtuvieron a 40 ddt (26/08/2022) no presentaron diferencias estadísticamente significativas. De esta misma manera se presentó el caso de índice de área foliar, donde tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio.

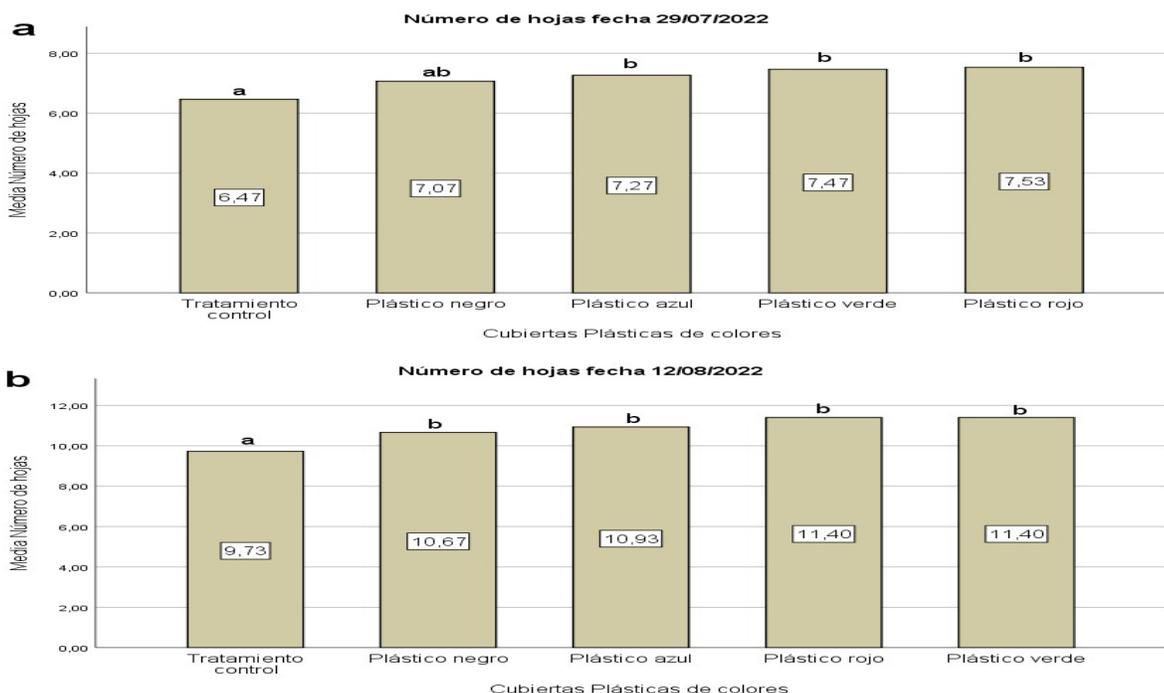


Figura 6. Promedio de número de hojas por planta a diferentes días después de trasplante: a 10 ddt y b 25 ddt

CONCLUSIONES

El mulch plástico puede modificar el microclima denotado por los registros de la geotemperatura en el perfil del suelo. Sin embargo, las geotemperaturas en las primeras capas (0 y 10 cm) registran una variabilidad que se puede atribuir al color de la cobertura. En cuanto al flujo neto de calor, los tratamientos de mulch plástico no pierden rápidamente la energía almacenada con respecto al suelo desnudo, es decir, permiten el paso de una fracción de la radiación y al mismo tiempo actúan como barreras de la emisión de la radiación térmica saliente. Las variables morfológicas del cultivo han sido influenciadas favorablemente por los tratamientos del mulch plástico, destacando el color azul y rojo en la altura de planta, en el diámetro del tallo el color rojo presenta mejores resultados, El número de hojas para los 10 y 25 ddt estuvieron influenciados por el color rojo y verde. Es necesario resaltar que el ensayo se realizó entre los meses de julio y agosto, caracterizados por bajas temperaturas con respecto al ciclo estacional, además, se recomienda repetir el experimento para otros meses con diferentes condiciones climatológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adekaldu, E., Amponsah, W., Tuffour, H. O., Adu, M. O., & Agyare, W. A. (2021). Response of chilli pepper to different irrigation schedules and mulching technologies in semi-arid environments. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100222>
- Ashrafuzzaman, M., Halim, M. A., Ismail, M. R., Shahidullah, S. M., & Hossain, M. A. (2011). Effect of Plastic Mulch on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annum* L.). *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 54(2), 321–330.
- Chalise, S., Naranpanawa, A., Bandara, J. S., & Sarker, T. (2017). A general equilibrium assessment of climate change-induced loss of agricultural productivity in Nepal. *Economic Modelling*, 62, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.01.014>
- FAO. (2017). Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos.
- FAO. (2020). Cultivos y productos de ganadería. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- GAD Machala. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala.
- Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management*, 155, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>
- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Lowery, B., Hickey, W., Arshad, M., & Lal, R. (1996). Soil Water Parameters and Soil Quality. *Soil Science Society of America. SSSA Special Publication 49*, 143–157. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c8>
- Mendonça, S. R., Ávila, M. C. R., Vital, R. G., Evangelista, Z. R., Pontes, N. de C., & Nascimento, A. dos R. (2021). The effect of different mulching on tomato development and yield. *Scientia Horticulturae*, 275, 109657. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Puig, P. (1950). Curso teórico-práctico de ecuaciones diferenciales aplicado a la Física y Técnica. Biblioteca Matemática.
- Qadeer, A., Ajmal, Z., Usman, M., Zhao, X., & Chang, S. (2021). Agricultural plastic mulching as a potential key source of microplastic pollution in the terrestrial ecosystem and consequences. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105855. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105855>
- Reis, L. S., de Azevedo, C. A. v, Albuquerque, A. W., & Junior, J. F. S. (2013). Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4), 386–391. <http://www.agriambi.com.br>
- Silva, A., Ponce de León, J., García, F., & Durán, A. (1988). Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación*, 10, 20.
- SRS. (2012). Thermistor Calculator. <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>
- Steinhart, J. S., & Hart, S. R. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep-Sea Research*, 15, 497.
- Thakur, M., & Kumar, R. (2021). Light conditions and mulch modulates the damask rose (*Rosa damascena* Mill.) yield, quality, and soil environment under mid hill conditions of the western Himalaya. *Industrial Crops and Products*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113317>
- Torres, V., Valdez, L. A., Cárdenas, A., Lira, H., Hernández, M., & Ibarra, L. (2016). Effect of colored plastic mulch on growth, yield and nutrient status in cucumber under shade house and open field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 39(14), 2144–2152. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201108>

Unsihuay, F. (2002). Evaluación del efecto de la disminución de la radiación absorbida en la temperatura del suelo y flujo de calor en el suelo. *Anales Científicos*, 87–100.

Zhu, G., Yong, L., Zhang, Z., Sun, Z., Wan, Q., Xu, Y., Ma, H., Sang, L., Liu, Y., Wang, L., Zhao, K., & Guo, H. (2021). Effects of plastic mulch on soil water migration in arid oasis farmland: Evidence of stable isotopes. *Catena*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105580>

-

FUNGICIDAS A BASE DE AZUFRE Y BACILLUS SP. EN MANEJO INTEGRADO DE SIGATOKA NEGRA

FUNGICIDES BASED ON SULFUR AND BACILLUS SP. IN INTEGRATED MANAGEMENT OF BLACK SIGATOKA

Harley Marcia García Sánchez

Email: harley1309_9@hotmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4194-7498>

Edwin Edison Jaramillo Aguilar

Email: ejaramillo@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

Sayda Noemi Herrera Reyes

Email: sherrera@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7226-5345>

Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Sánchez, H. M., Jaramillo Aguilar, E.E., Herrera Reyes, S.N. (2022). Fungicidas a base de azufre y bacillus sp. en manejo integrado de Sigatoka Negra. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 153-158. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

En Ecuador, en el cultivo de Banano (*Musa* spp.), la principal enfermedad es la Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, se caracteriza por tener reproducción sexual y asexual (*Paracercospora fijiensis*), ocasionando una alta diseminación de esporas dentro de las plantaciones bananeras. La investigación tuvo como objetivo evaluar alternativas de fungicidas protectantes azufrados y microbiológicos, dentro de las combinaciones de fungicidas, como estrategias de control de la Sigatoka negra. Se utilizó un Diseño de bloques Completamente al Azar, conformado por 7 tratamientos y 10 repeticiones, el análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey. Las variables evaluadas fueron porcentaje de área foliar afectada y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) durante toda la epidemia, evidenciándose el tratamiento T7 como la mejor estrategia de control frente a la enfermedad. Los resultados sugieren que el azufre elemental 800 gr/Kg a una dosis 3Kg/ha, puede integrarse en las combinaciones de fungicidas, como estrategia de control de la sigatoka negra, obteniendo buenos niveles de control.

Palabras clave:

Sigatoka negra, azufre, Bacillus, fungicidas

ABSTRACT

In Ecuador, in the cultivation of Bananas (*Musa* spp.), the main disease is the black Sigatoka, caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. It is characterized by sexual and asexual reproduction (*Paracercospora fijiensis*), causing a high spread of spores within banana plantations. The research aimed to evaluate alternatives of sulfur and microbiological protective fungicides, within the combinations of fungicides, as control strategies of black Sigatoka. A Completely Random Block Design was used, consisting of 7 treatments and 10 repetitions. Statistical analysis was performed using ANOVA analysis of variance and the means were compared using Tukey's test. The variables evaluated were percentage of leaf area affected and the area under the curve of disease progress (ABCPE) throughout the epidemic, T7 treatment is evidenced as the best control strategy against the disease. The results suggest that elemental sulfur 800 gr / kg at a dose 3Kg / ha, can be integrated into combinations of fungicides, as a control strategy of black sigatoka, obtaining good levels of control.

Keywords:

Black Sigatoka, sulfur, Bacillus, fungicides

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el sector bananero es el principal rubro en la economía del país generando fuentes de trabajo y abasteciendo al mercado mundial. La provincia de El oro es la mayor productora de banano ecuatoriano, aportando con el 42% de la producción nacional, debido a sus favorables condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo, cuenta alrededor 13,756 has (Quevedo, Infante, & García, 2018).

El banano es una fruta apetecida en el mundo por sus beneficios nutricionales calidad y durabilidad en el transporte a largas distancias. Ecuador está posicionado como pionero en la industria y exportación con un 36% de envíos en los mercados mundiales como Rusia, Estados Unidos, Italia y Alemania, a nivel local representa el 16% del ingreso total por exportaciones FOB en el Ecuador ocupando el tercer lugar con 3.169,3 millones de dólares y 6.642.402 toneladas en el año 2018. Por lo tanto representa el 17% de la población económicamente activa (Pardo, Narváez, & Erazo, 2020).

En el cultivo de Banano (*Musa* spp.) ,la principal enfermedad foliar limitante es la Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, se caracteriza por tener reproducción sexual y asexual (*Paracercospora fijiensis*), ocasionando una alta diseminación de esporas dentro de las plantaciones bananeras ,lo que limita el área foliar de la planta, causando necrosis parcial o total de las hojas , reduciendo hasta en un 50% el rendimiento de la plantación si no se lleva a cabo un buen manejo integrado de la enfermedad (Barrera , Barraza, & Campo, 2016).

La enfermedad Sigatoka negra apareció en el Ecuador en el año 1987, reemplazando a la Sigatoka amarilla de menor severidad, en el año 1992 la enfermedad ya estaba diseminada en todas las zonas bananeras del país, el incremento de su severidad genero un aumento de ciclos de aplicación aérea del 40% y 100%, e incrementaron los costos. En casos severos del ataque de la enfermedad, se pueden perder plantaciones hasta en un 100% (Calle & Yangali, 2014).

La Sigatoka negra es una enfermedad que ataca parcialmente al tejido foliar de la hoja de banano, formando lesiones necróticas o manchas con halos amarillos. En plantaciones sin ningún control de la enfermedad provoca: defoliación prematura, pérdida de peso en el racimo, reducción del vigor de la planta, maduración de racimo, aborto del racimo, y bloqueando la absorción de nutrientes de la planta (Ramírez, Perozo, Nava, & Bracho, 2014).

En la actualidad existen varios métodos de control, para reducir la incidencia de la enfermedad Sigatoka negra dentro de las plantaciones bananeras, el control químico es el método más eficiente, se usan fungicidas sistémicos y protectantes. Los fungicidas protectantes como Clorotalonil y Mancozeb, tiene como función prevenir la germinación de esporas de los hongos en tejido foliar, suelen ser de amplio espectro. Los fungicidas sistémicos son traslaminares, que tienen la capacidad

de desplazamiento en el interior de la planta, por lo que pueden controlar estadios avanzados de la enfermedad, como alternativa a los mancozeb, se está incorporando productos a base de azufre que ayudan al control de la enfermedad, sino ha ingresado en el tejido de la hoja (Mena & Couoh, 2015).

Como alternativas nuevas de control al manejo de Sigatoka negra, se está usando Azufre y bacterias benéficas como *Bacillus spp.* Según (Cruz, 2018) la cepa *Bacillus pumilus* a nivel in vitro inhibió el crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis* provoco cambios en la morfología y estabilidad de la membrana citoplasmática.

Las cepas de los *Bacillus* producen fengicinas, son lipopeptidos bioactivos que demuestran actividad antifúngica contra los filamentos de los hongos. El uso de un fungicida microbiano a base de *Bacillus subtilis* para el control de *Mycosphaerella fijiensis*, redujo la severidad de la enfermedad en un mismo rango que la familia de los mancozeb, se puede trabajar en suspensión en agua o en mezcla con fungicidas sistémicos, reduciendo la carga química y el riesgo al desarrollo de resistencia del patógeno en las plantaciones de banano (Sánchez , 2016).

El manejo integrado de plagas, es una herramienta sustentable para el control de Sigatoka negra, mediante la combinación de métodos culturales, físicos, químico y biológicos. En el manejo de la enfermedad Sigatoka negra intervienen diferentes métodos de control en base al cultivar o variedad de banano, susceptibilidad a la enfermedad, fenología, interacción con el patógeno y edad de las plantas. La relación patógeno-enfermedad se analiza la especie del hongo, tipo de reproducción, estructura genética, fuente de inóculo, periodo de incubación y ciclo de vida de la enfermedad, que va asociada al desarrollo de los fenómenos climáticos como precipitación, temperatura, roció, radiación solar y humedad relativa (Orozco, y otros, 2008).

El control de Sigatoka negra convencional requiere de aplicaciones frecuente de fungicidas químicos, lo que aumenta el costo de producción por tal motivo se busca nuevas moléculas derivadas de plantas y hongos que contengan actividad antifúngica como las esporas de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y también *Saccharomyces cerevisiae*, donde se ha evidenciado que puede reducir hasta un 25% el uso de fungicidas químicos tradicionales (Becker, Esker, & Umaña, 2021).

La morfología del estado asexual de *M. fijiensis*, es conocida como *Pseudocercospora fijiensis*, los conidios son hialinos, obclavados, rectos o curvos pueden emerger directamente por las estomas de manera individual o en grupos, resultado de la reproducción asexual son septados de 0 a 5 compartimientos y 16.5 a 62.5 mm de longitud por 4 a 7 mm de ancho (Manzo, Guzmán, Rodríguez , James, & Orozco, 2005).

FAO,(2013) manifiesta que la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* se denomina su fase sexual, ocurre en las lesiones maduras con la producción de ascosporas. Estas son la causa principal de la infección

a largas distancias, siendo liberadas en los periodos de alta humedad y dispersadas por el viento. La reproducción sexual se produce en las estructuras denominadas peritecios o pseudotecios, en cuyo interior se encuentran las ascas que contienen las ascosporas.

El desarrollo de la enfermedad se encuentra directamente influenciado por las condiciones climáticas, la susceptibilidad del cultivar sembrado y el manejo del cultivo. Las zonas que tienen una mayor incidencia de la enfermedad Sigatoka negra, son caracterizadas por tener una precipitación mayor a 1400 mm anuales, humedad relativa mayor al 80% y una temperatura que oscila entre 23 a 28 °C. La enfermedad es más agresiva en invierno (época lluviosa), debido a la presencia continua de una lámina de agua sobre las hojas, favoreciendo a la diseminación de esporas (Álvarez, Pantoja, Gañan, & Ceballos, 2013)

El género *Bacillus*, es un grupo compuesto de bacterias Gram positivas, aerobias y formadores de esporas, tienen una morfología bacilar, movilidad flagelar y tamaño de 0.5 a 10 µm y su pH neutro (Villarreal, y otros, 2018). Es uno de los grupos microbianos más explotados para el control biológico de plagas y patógenos, los *Bacillus sp* producen una gran variedad de metabolitos secundarios que pueden inhibir el crecimiento de organismos celulares como hongos, insectos, bacterias y nematodos. Los metabolitos que presentan tienen propiedades antimicrobianas, enzimas líticas, compuestos orgánicos volátiles y toxinas (Gutiérrez, Mosquera, González, Mira, & Villegas, 2015).

Según (Guijarro, 2022), recomienda el uso de tratamientos Dodine+Mancozeb y Dodine+Azufre por la eficacia en el control sobre Sigatoka negra, haciendo énfasis al uso de azufre dentro de una campaña de manejo de la enfermedad, donde intervengan la alternancia y rotación de los productos.

La siguiente investigación tiene como objetivo evaluar alternativas de fungicidas protectantes azufrados y

microbiológicos, dentro de las combinaciones de fungicidas, como estrategias de control de la sigatoka negra.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Finca Experimental de la BASF, en la ciudad de Quevedo, provincia de los Ríos, a una altura en el sitio del ensayo de 77.60 metros sobre el nivel del mar, con una duración de 4 meses.

Métodos de investigación

- Para esta investigación se empleó el método de la observación, se analizó la severidad de la enfermedad en el cultivo de banano, y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad durante toda la epidemia.
- A través del método analítico y experimental se estudió la eficacia de los fungicidas de las diferentes estrategias de control (combinaciones de fungicidas químicos, microbiológicos y de origen mineral) para el control de la Sigatoka Negra en el cultivo de banano.

Fuentes de recopilación de información

La información cuantitativa de las variables de respuestas se obtuvo mediante la medición directa del efecto de los tratamientos en los intervalos de 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 70, 77, 84, 91 y 98 días después de iniciar la primera aplicación de los fungicidas, se comprobó la eficacia de las estrategias de control de la enfermedad. Los resultados fueron contrastados en resultados similares y en base a literatura teórica, especialmente revistas indexadas y evidencia científica comprobable y documentada.

Descripción de los tratamientos

En la tabla 1, se indica la descripción de los tratamientos, donde se encuentra las diferentes estrategias de control, a base de una combinación de fungicidas químicos, microbiológicos y minerales, evaluados en la presente investigación:

Tabla 1. Estrategias de combinación de fungicidas para el control de sigatoka negra

T1	Bacillus amyloliquefaciens cepa MBI 600 (1Kg)	Epoxiconazole 75g/L (1,25L) + Fenpropimorf 750 g/ L (0,7L)	Fenpropimorf 880 g/ L (1L) + Bacillus amyloliquefaciens cepa MBI 600 (1 Kg)	Boscalid 500g/L (0,4L) + Bacillus amyloliquefaciens cepa MBI 600 (1Kg)	Fenpropimorf 880 g/ L (1L) + Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 250 Kg/L (0,6L) + Bacillus amyloliquefaciens cepa MBI 600 (1Kg)	Epoxiconazole 75g/L (1,25 L) + Bacillus amyloliquefaciens cepa MBI 600 (1Kg)
T2	Azufre elemental 800 gr/Kg (1Kg)	Epoxiconazole 75g/L (1,25L) + Fenpropimorf 750 g/ L (0,7L)	Fenpropimorf 880 g/ L (1L) + Kumulus (1 Kg)	Boscalid 500g/L (0,4L) + Azufre elemental 800 gr/ Kg (1Kg)	Fenpropimorf 880 g/ L (1L) + Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 250 Kg/L (0,6L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (1Kg)	Epoxiconazole 125g/L (0,8L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)

T3	Bacillus subtilis QST713 SC (1,5L)	Epoxiconazole 75g/L (1,25L) + Fenpropimorf 750 g/L (0,7L)	Fenpropimorf 880 g/L (1L) + Bacillus subtilis QST713 SC (1,5 L)	Boscalid 500g/L (0,4L)+ Bacillus subtilis QST713 SC (1,5 L)	Fenpropimorf 880 g/L (1L) + Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 250 Kg/L (0,6L) + Bacillus subtilis QST713 SC (1,5 L)	Epoxiconazole 75g/L (1,25 L) + Bacillus subtilis QST713 SC (1,5 L)
T4	Metalxyl-M (Mefenoxam) 480 gr/L 1L	Epoxiconazole 75g/L (1,25L) + Fenpropimorf 750 g/L	Fenpropimorf 880 g/L (1L) + Metalxyl-M (Mefenoxam) 480 gr/L 1 L	Boscalid 500g/L (0,4L) + Metalxyl-M (Mefenoxam) 480 gr/L (1 L)	Fenpropimorf 880 g/L (1L) + Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 250 Kg/L (0,6L) + Metalxyl-M (Mefenoxam) 480 gr/L (1 L)	Epoxiconazole 125g/L (0,8L) + Metalxyl-M (Mefenoxam) 480 gr/L (1 L)
T5	D-Limonene 44,38 g/L + Cis-Jasmonato 4,24 g/L (0,5L)	Epoxiconazole 75g/L (1,25L) + Fenpropimorf 750 g/L (0,7L)	Fenpropimorf 880 g/L (1L) + D-Limonene 44,38 g/L + Cis-Jasmonato 4,24 g/L (0,5 L)	Boscalid 500g/L (0,4L)+ D-Limonene 44,38 g/L + Cis-Jasmonato 4,24 g/L (0,5 L)	Fenpropimorf 880 g/L (1L) + Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 250 Kg/L (0,6L) + D-Limonene 44,38 g/L + Cis-Jasmonato 4,24 g/L (0,5 L)	Epoxiconazole 75g/L (1,25 L) + D-Limonene 44,38 g/L + Cis-Jasmonato 4,24 g/L (0,5 L)
T6	Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)	Tebuconazole 225 gr + Triadimenol 75 gr/L (0,4L)	Spiroxamine 800g/L (0,4L)+ Azufre elemental 800 gr/Kg (3 Kg)	Fluopyram 125 g/l + Pyrimethanil 375 g/l (0,8L)	Spiroxamine 800g/L (0,4L) + Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 350 gr/L (0,43L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (3 Kg)	Tebuconazole 225 gr + Triadimenol 75 gr/L (0,4L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (3 Kg)
T7	Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)	Epoxiconazole 75g/L (1,25L) + Fenpropimorf 750 g/L (0,7L)	Fenpropidin 750gr/L (0,6L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)	Boscalid 500g/L (0,4L)+ Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)	Fenpropidin 750gr/L (0,6L)+ Pyrimethanil 600 kg/L (0,5L)	Diethofencarb 350 gr/L (0,43L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)	Difenoconazol 250 gr/L (0,4L) + Azufre elemental 800 gr/Kg (3Kg)

Diseño experimental de la investigación. Se utilizó un Diseño de bloques Completamente al Azar (DBCA), conformado por 7 tratamientos y 10 repeticiones.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza ANOVA y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), con la utilización de un software libre. tablas, figuras y el procesamiento de los datos se realizó en hojas de cálculo de EXCEL del paquete Office de Microsoft.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron porcentaje de área foliar afectada y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) durante toda la epidemia.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Análisis de varianza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	10989236.29		15	732615.75	4.34
<0.0001					
TRAT	8275924.82		6	1379320.80	8.17
<0.0001					
BLOQ	2713311.47		9	301479.05	1.79
0.0924					
Error	9116621.82		54	168826.33	
Total	20105858.11		69		

Variable N	R ²	R ² Aj	CV	
ABCPE	70	0.55	0.42	30.43

Tabla 3. Prueba de comparación de medias

Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 563.52023

Error: 168826.3300 gl: 54

TRAT	Medias	n			
T7	668.36	10	A		
T1	1185.73	10	A	B	
T4	1297.80	10		B	C
T2	1319.92	10		B	C
T5	1537.76	10		B	C
T3	1618.75	10		B	C
T6	1824.20	10			C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0.05)

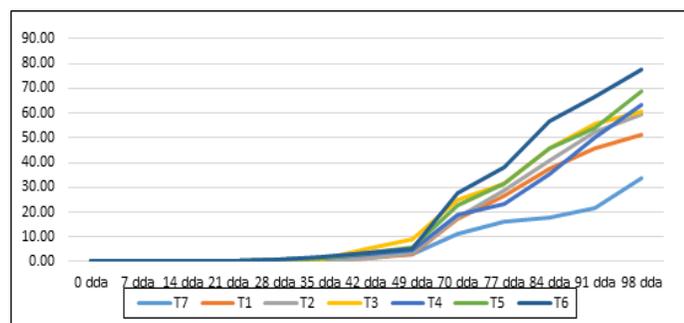


Gráfico 1. Porcentaje de área foliar afectada

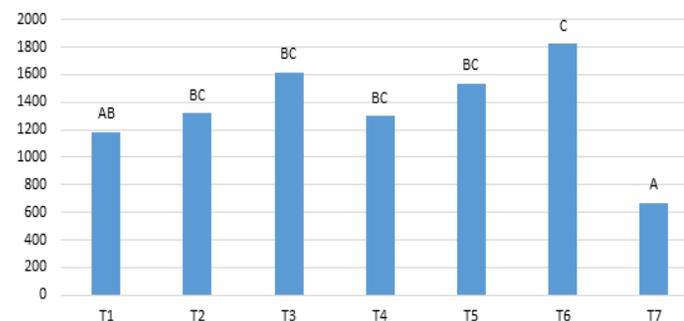


Gráfico 2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

Como se observa en la tabla 2, el análisis de varianza indica que exista a menos un tratamiento diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Y en la tabla 3, en la prueba de Tuckey al 0,05, se puede evidenciar que el tratamiento 7 es superior estadísticamente al resto de los tratamientos u estrategias de control; y le sigue en orden de eficacia el tratamiento 1 que estadísticamente superior a los demás tratamientos.

En el grafico 1 y 2, se puede observar que el tratamiento con menor área foliar afectada y la menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), es el tratamiento 7 siendo estadísticamente diferente al resto de tratamientos y le siguen en orden de eficacia el fungicida microbiológico a base de Bacillus amyloliquefaciens cepa MBI 600 (1Kg).

Según (Guijarro, 2022), recomienda el azufre dentro de los programas de manejo integrado, para el control de Sigatoka negra, donde intervengan la alternancia y rotación de los productos.

Según (Cruz, 2018) la cepa *Bacillus pumilus* a nivel in vitro inhibió el crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis* y provocó cambios en la morfología y estabilidad de la membrana citoplasmática. Según Sanchez (2016), el uso de un fungicida microbiano a base de Bacillus subtilis para el control de *Mycosphaerella fijiensis*, redujo la severidad de la enfermedad en un mismo rango que la familia de los mancozeb, se puede trabajar en suspensión en agua o en mezcla con fungicidas sistémicos, reduciendo la carga química y el riesgo al desarrollo de resistencia del patógeno en las plantaciones de banano

CONCLUSIONES

Se pudo evidenciar que el uso de fungicidas minerales a bases de azufre, dentro de un programa de control de la enfermedad, presentó la menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad, durante toda la epidemia de la sigatoka negra, por lo tanto, un menor porcentaje de área afectada de la hoja, en las, en comparación con el resto de los fungicidas, siendo el testigo con los niveles más altos de la enfermedad. Le sigue en orden de eficacia, la estrategia de control, que tiene fungicidas microbiológicos a base de Bacillus amyloliquefaciens, dentro del programa de aplicación de fungicidas para el control de la enfermedad, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., & Ceballos, G. (2013). La Sigatoka negra en plátano y banano. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Barrera, J., Barraza, F., & Campo, R. (2016). Efecto del sombrío sobre la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* MORELET) en cultivo de plátano cv HARTÓN (Musa AAB Simmonds). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica* vol.19 no.2, 317-323.
- Becker, P., Esker, P., & Umaña, G. (2021). Incorporation of microorganisms to reduce chemical fungicide usage in black sigatoka control programs in Costa Rica by use of biological fungicides. *Crop Protection* vol.146.
- Calle, H., & Yangali, J. (2014). La Sigatoka Negra en el Ecuador I Seminario Internacional Metodología para la Evaluación de Prueba de Eficacia para Plaguicidas en los principales cultivos del Ecuador. SIGAT.
- Cruz, M. (2018). Cepas bacterianas con potencial para el manejo de la sigatoka negra. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* Vol 8 No., 1- 6.
- FAO. (2013). <https://www.fao.org/publications/card/zh/c/d73f6824-0067-4790-b445-89940e43216e/>

- Guijarro, G. (2022). Evaluación de la eficacia de fungicidas en el control de la Sigatoka negra en banano (Musa Aaa) Marcelino Maridueña, Guayas. Guayaquil-Ecuador: [Proyecto de Titulación Magíster En Sanidad Vegetal].
- Gutierrez, J., Mosquera, S., González, L., Mira, J., & Villegas, V. (2015). Effective control of black Sigatoka disease using a microbial fungicide based on *Bacillus subtilis* EA-CB0015 culture. *Biological control*, 87, 39-46.
- Manzo, G., Guzmán, S., Rodríguez, C., James, A., & Orozco, M. (2005). Biología de *mycosphaerella fijiensis morelet* y su interacción. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 87-96.
- Mena, X., & Couoh, Y. (2015). Efectos de los plaguicidas utilizados para el control de la Sigatoka negra en plantaciones bananeras en México, así como su efecto en el ambiente y la salud pública. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 9(2), 91-98.
- Orozco, M., Orozco, J., Pérez, O., Manzo, G., Farías, J., & da Silva, W. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, vol. 33, 3, 189-196.
- Pardo, G., Narváez, C., & Erazo, J. (2020). Análisis del impacto tributario y contable por las variaciones del precio de la caja. *Dominio de las ciencias Vol. 6, núm. 1*, 396-428.
- Quevedo, J., Infante, J., & García, R. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de la sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis morelet*) en el área foliar del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 128-136.
- Ramírez, Y., Perozo, Y., Nava, J., & Bracho, B. (2014). Frecuencia del despunte y dos tipos de deshoje en el manejo de la Sigatoka Negra en el cultivo del plátano, estado Zulia. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 31,, 524-538.
- Sánchez, F. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. *Bionatura • Volumen 1 / Número 3*, 135-138.
- Villarreal, M., Villa, E., Cira, L., Estrada, M., Parra, F., & de los Santos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 95-130.

MEJORAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DEL CULTIVO DEL ÑAME (*DIOSCOREA ALATA* L.) CLON CRIOLLO EN CAMPOIMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF YAM CROP (*DIOSCOREA ALATA* L.) CRIOLLO CLONE IN FIELDMisterbino Borges García¹

Email: misterbinobgarcía@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2052-7294>Diana María Reyes Avalos²Email: dreyesa@udg.co.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2305-387X>¹Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.²Centro Universitario Municipal Jiguaní. Universidad de Granma, Granma, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Borges García, M., Reyes Avalos, D. M. (2022). Mejoramiento de la tecnología del cultivo del ñame (*dioscorea alata* L.) clon criollo en campo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 159-166. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

A pesar de los avances alcanzados en los últimos 30 años en las investigaciones en el cultivo del ñame en Cuba, la tecnología de producción en gran escala de este cultivo es susceptible de ser mejorada. El presente trabajo tuvo como objetivo incrementar la producción sostenible de ñame (*Dioscorea* spp.) mediante el mejoramiento de la tecnología del cultivo en condiciones de campo para el clon Criollo (*Dioscorea alata* L.) en la Provincia Granma. La investigación fundamental se basó en la mejora de la tecnología de producción con el uso de surcos en camellón a diferentes distancias de plantación (1x1 m y 1x0.5 m) con relación a la tradicional de montículo mediante la plantación (1x1 m) de bulbillos mayores de 80 g de clon Criollo (*D. alata* L.) provenientes de plantas *in vitro* cultivadas durante un primer ciclo de cultivo en campo. Se demostró que la tecnología de producción con el uso de cantero a una distancia de plantación de 1x0.5 m es significativamente superior desde el punto de vista sostenible a la tecnología tradicionalmente utilizada de montículo (1x1 m) con rendimientos agrícolas de 63 t/ha.

Palabras clave:

Bulbillos, germoplasma, montículo, producción sostenible, surcos en camellón

ABSTRACT

In spite of the advances reached in the last 30 years in the investigations in the yam crop in Cuba, the production technology in great scale of this cultivation is susceptible of being improved. In this research, to increase the sustainable production of yam (*Dioscorea* spp.) by means of the improvement of the technology of the cultivation under field conditions for the clone Criollo (*Dioscorea alata*) in the Granma Province was carried out. The fundamental investigation was based on the improvement of the production technology with the use of furrows in ridge at different plantation distances (1x1 m and 1x0.5 m) in relation to the mound traditional by means of the bulbils plantation (1x1 m) bigger than 80 g of clone Criollo (*D. alata* L.) coming from *in vitro* plants cultivated during a first cultivation cycle in field. It was demonstrated that the production technology with furrows in ridge at a distance of plantation of 1x0.5 m is significantly superior from the sustainable point of view to the traditionally used mound technology (1x1 m) with field yields of 63 t/ha.

Key words:

Bulbils, ridge, germplasm, mound, sustainable production

INTRODUCCIÓN

El cultivo del ñame del género *Dioscorea* perteneciente a la familia de los Dioscoraceae comprende más de 600 especies, de las cuales 60 son comestibles y de estas solo 12 son cultivadas (Valencia, 2017). *Dioscorea* spp. es un tubérculo plantado por los pequeños productores en el trópico (Andres *et al.*, 2017). Posee un alto valor alimenticio y constituye una fuente de energía significativa en la dieta humana (Akinrinola y Adeyemo, 2018; Raphiou *et al.*, 2019).

Para los pequeños productores, la producción de ñame constituye una importante fuente de alimentos y de ingresos, y también juega un rol vital en su vida sociocultural (Iddi *et al.*, 2018). Sin embargo, la producción y comercialización de ñame a nivel mundial está dirigido a la exportación como producto fresco, siendo esta categoría la más demandada por los mercados internacionales (Vargas, 2019).

La falta de material de plantación para la producción del cultivo, el riesgo de diseminación de virus y enfermedades en el sistema tradicional de producción de semillas de ñame refleja la real necesidad para el mejoramiento del sistema de producción, especialmente para la alta producción y consumo (Raphiou *et al.*, 2019).

Dioscorea alata L. es una especie de multiplicación vegetativa, cuyo cultivo en campo tiene diferentes inconvenientes tales como una baja tasa de multiplicación y problemas fitosanitarios. Además, una parte importante de la cosecha (35%) es utilizada como semilla (Borges *et al.*, 2018). La producción de ñame ha estado limitada, entre otras causas, por la escasez de semilla sana, baja fertilidad del suelo, incidencia de plagas y enfermedades en los sistemas tradicionales de cultivo, poca disponibilidad de material vegetal de plantación con calidad fisiológica y sanitaria. También se debe, fundamentalmente, a que los tubérculos, que constituyen la parte útil de la planta para la alimentación, tienen que ser utilizados como material vegetal de plantación (Balogun *et al.*, 2014).

Normalmente en la región oriental los productores/as de manera tradicional plantan el ñame en trincheras de 50 a 80 cm de profundidad, este proceder es laborioso lo que no facilita el desarrollo sostenible del cultivo y hace engorroso el momento de la cosecha de los tubérculos. Por otro lado, en la región central se cultiva con el uso de montículos de hasta 50 cm de altura (MINAG, 2008), es un método más eficiente y productivo, pero aun es laborioso y susceptible de ser mejorado.

Tomando en consideración lo antes planteado la presente investigación tuvo como objetivo mejorar la tecnología del cultivo de ñame en condiciones de campo en relación a la forma de preparación del suelo con el uso de surcos en camellón a diferentes distancias de plantación (1x1 m y 1x0.5 m) con relación a la tradicional de montículo mediante la plantación (1x1 m) de bulbillos mayores de 80 g de clon Criollo Blanco (*Dioscorea alata* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal (CEBVEG) de la Universidad de Granma y en áreas de cultivo del polo productivo Cautillo-Bejuquero de la Empresa Agropecuaria Bayamo, municipio Bayamo, provincia Granma.

Mejoramiento de la tecnología de producción sostenible del cultivo del ñame con relación a la forma de preparación del suelo y distancia de plantación

Material vegetal

Se utilizaron bulbillos aéreos mayores de 80g de masa fresca de la especie *Dioscorea alata* L. del clon Criollo (Figura 1), colectados de un primer ciclo de cultivo en campo (10 meses) de plantas procedentes del cultivo *in vitro* establecidas en el banco de germoplasma del CEBVEG.



Figura 1. Bulbillos aéreos de *Dioscorea alata* L. clon Criollo mayores de 80 g de masa fresca colectados de plantas *in vitro* durante un primer ciclo de cultivo en campo (10 meses)

El experimento tuvo como objetivo evaluar el mejoramiento de la tecnología tradicional de producción sostenible del cultivo del ñame con relación a la forma de preparación del suelo y distancia de plantación.

Se aplicó un diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos (Tabla 1). Los tratamientos consistieron en plantación tradicional en montículos de 40-50 cm con un plato de 0.15 a 0.20 m a una distancia de plantación 1.0 m x 1.0 m (testigo) (tratamiento 1); plantación en surcos en camellón de 40-50 cm con un plato de 0.15 a 0.20 m a una distancia de plantación 1.0 m x 1.0 m (tratamiento 2) y 1.0 m x 0.50 m (tratamiento 3). Se utilizaron tres replicas por tratamiento con 50 plantas para un total de 150 plantas. Las parcelas estuvieron conformadas por tres hileras de montículos de 50 m de longitud y 1 m de separación entre montículo (tratamiento 1) y las demás parcelas (tratamiento 2 y 3) se conformaron por tres en camellón de 50 m de longitud y 1 m de separación entre cantero, para un área de 150 m² por parcela, una separación de 2 m entre parcelas para un área total experimental de 468 m².

Tabla 1. Tratamientos de mejoramiento de la tecnología con relación a la forma de preparación de suelo y distancia de plantación

Tratamientos	Clon	Material de plantación
Montículos 1.0 m x1.0 m, (testigo).	Criollo Blanco	bulbillos aéreos > 80g
Surcos en camellón 1.0 mx1.0 m	Criollo Blanco	bulbillos aéreos > 80g
Surcos en camellón 1.0 m x 0.5 m	Criollo Blanco	bulbillos aéreos > 80g

La plantación se realizó en un suelo Fluvisol. Se emplearon como tutores varetas de *Leucaena leucocephala*, de 3 a 4 m de longitud.

Al momento de la plantación se realizó una aplicación de 3 kg de materia orgánica por planta. Y a los 90 días se realizó una aplicación de fertilizante mineral de la fórmula 9 - 5 - 16.5 con una relación de nutrientes 2 - 1 - 3, una dosis de 7 t/cab, 0.52 t/ha a razón de 0.05 kg/planta (MINAG, 2008).

Los valores registrados de las variables climáticas durante el experimento fueron: temperatura, 33 ± 2°C; humedad relativa, 70 - 80% y fotoperiodo de 13 horas luz.

El riego, las demás atenciones culturales y el control fitosanitario se realizaron según el Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame (MINAG, 2008).

El riego se suspendió 30 días antes de la cosecha, la que se realizó en el mes de enero, para favorecer el almacenamiento y conservación de los tubérculos y los bulbillos colectados.

Porcentaje de supervivencia

A los 30 días de la plantación se determinó en la población total, el porcentaje de supervivencia, aplicando la siguiente fórmula matemática:

$$\% S = \frac{B \times 100}{T}$$

Dónde:

%S = Porcentaje de supervivencia

B = Cantidad de semillas que brotaron

T = Total de semillas plantadas

Indicadores agronómicos

La cosecha se efectuó de forma manual a los nueve meses (enero) de efectuada la plantación. Se realizó una excavación profunda usando pico, coa y pala para evitar daños en los tubérculos cosechados.

Se seleccionaron treinta plantas por tratamiento y se determinaron los siguientes indicadores agronómicos:

Número de tubérculos por planta: Se realizó el conteo del número total de tubérculo por cada planta

Masa fresca de tubérculos por planta (kg): Se determinó la masa fresca total de tubérculos por planta

Rendimiento toneladas por hectárea (t/ha)

Por cada tratamiento se determinó el rendimiento agrícola (Ra) en toneladas por hectárea (t/ha), mediante la multiplicación de la masa fresca tubérculo por planta en kg (MFTP), por el total de plantas que lleva una hectárea según la distancia de plantación (CP/ha) entre 1000 kg (1 tonelada) como se muestra en la siguiente ecuación matemática.

$$Ra (t/ha) = \frac{MFTP (kg) \times CP/ha}{1000 kg}$$

Se hicieron observaciones sistemáticas sobre la incidencia de plagas y enfermedades y el desarrollo vegetativo de las plantas.

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza de clasificación doble con prueba de comparación múltiples de medias de Tukey al 5 % de probabilidad del error. Para comprobar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov - Smirnov y para la homogeneidad de varianzas la prueba de Levene. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mejoramiento de la tecnología de producción sostenible del cultivo del ñame con relación a la forma de preparación del suelo y distancia de plantación

A partir del año 2018 como parte de la necesidad de incrementar la producción sostenible de ñame se desarrollan en el CEBVEG de la Universidad de Granma investigaciones para el mejoramiento de la tecnología a escala productiva, principalmente en los aspectos relacionados con la forma de preparación de suelo y la distancia de plantación en montículo o surcos en camellón, con el uso de bulbillos de masa fresca mayor de 80 g, en particular para el clon Criollo, que es un germoplasma endógeno de la región oriental y de gran interés agrícola y comercial para su extensión agrícola sostenible.

Los porcentajes de supervivencia a los 30 días fueron de 100 % sin diferencias significativas con relación al tratamiento control (datos no mostrados). Esto demuestra que las plantas de ñame clon Criollo plantadas a partir de bulbillos aéreos poseen alta capacidad de supervivencia, lo que coincide con lo señalado por Borges *et al.*, (2018) en la respuesta a la producción sostenible de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos procedentes de plantas

in vitro como fuente de semilla donde alcanzaron 100% de supervivencia para las dos localidades evaluadas.

Por otro lado, Borges *et al.*, (2015) al evaluar la respuesta en campo de plantas *in vitro* de *D. alata* clon 'Caraqueño' en distintos momentos de plantación en campo mostraron altos porcentajes de supervivencia para todos los tratamientos a los 30 días de cultivo sin diferencias significativas ($p < 0.05$) con el control de tubérculos, obtuvieron valores de 98.5% de supervivencia en junio, 98.0% en julio, 96.5% en agosto, 98.5% en septiembre, 97.0% en octubre y 96.5% en noviembre, mientras que para el control fue de 99.5%. Estos autores demostraron que las plantas de ñame clon 'Caraqueño' procedentes del cultivo *in vitro* presentaron una respuesta satisfactoria de adaptación en campo en las condiciones experimentales descritas, lo que brinda la posibilidad de contar con material vegetal de buena calidad para su plantación satisfactoria desde junio hasta noviembre.

Resultados inferiores han sido descritos por Cabrera *et al.*, (2010), quien obtuvo 86,5% de supervivencia a los 42 días de establecidas en campo las plantas aclimatizadas de ñame clon Pacala Duclos.

El efecto de la comparación de la tecnología de plantación en montículo con la de surcos en camellón a distintos marcos de plantación en los indicadores agronómicos de plantas de ñame clon Criollo Blanco provenientes de bulbillos con masa fresca mayor a 80 g, cosechadas a los 270 días de establecidas en campo (Tabla 2). Como se aprecia no existe diferencias significativas ($P < 0,05$), para el número de tubérculos, entre el testigo, tratamiento 1 (montículo) y los tratamientos 2 y 3 (surcos en camellón). Esto es debido a que este parámetro es característico de cada genotipo, por lo tanto, no cambia con los tratamientos aplicados.

Valores similares para el número de tubérculos de 1.6 fueron obtenidos por Borges *et al.* (2018) al evaluar la producción sostenible de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos procedentes de plantas *in vitro* como fuente de semilla durante un primer ciclo de cultivo en campo.

Resultados superiores para el número de tubérculos por planta fueron logrados en el cultivo en campo de plantas *in vitro* previamente aclimatizadas de *D. alata* por Arnolin, (1985) con 4,25; Cabrera *et al.* (2010) con 2.56 cuando utilizó plantas *in vitro* de *D. alata* durante el primer ciclo de cultivo en campo del clon Pacala Duclos y Borges *et al.*, (2015) durante distintos momento de plantación (junio a noviembre) en un rango de 2 a 3.3.

Tabla 2. Número de tubérculos y masa fresca de tubérculos por planta de ñame clon Criollo Blanco provenientes de bulbillos mayores de 80 g y cosechadas a los 270 días de establecidas en campo en la tecnología de plantación en montículo en comparación con la de surcos en camellón a distintos marcos de plantación

Tratamientos		Número de tubérculos por planta	Masa fresca de tubérculos por planta (kg)
1	Montículo 1m x 1m (testigo)	1,5	2,80 b
2	Cantero 1m x 1m	1,6	3,20 a
3	Cantero 1m x 0.5 m	1,5	3,15 a
	Error estándar		0.06

Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente para $p < 0.05$ según prueba de Tukey

Sin embargo, para la masa fresca de tubérculos por planta (Tabla 2, Figura 2) fue significativamente superior para la tecnología de plantación en surcos en camellón con valores de 3,2 y 3,15 para los tratamientos 2 y 3 respectivamente. Esto nos indica que la plantación en cantero es factible de uso pues asegura mejores propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo tales como mayor humedad, disponibilidad de nutrientes y transformación de la materia orgánica por la actividad microbiana.



Figura 2. Tubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.) clon Criollo procedentes de plantas obtenidas de bulbillos mayores de 80 g de masa fresca a los nueve meses de cosecha

También es necesario señalar que adicionalmente la tecnología en surcos en camellón ofrece otras ventajas con relación a la forma de preparación de suelo, ya que se puede realizar de modo semimanual (tracción animal) o mecanizada con respecto a la tecnología de montículo que solo es posible realizar de manera manual.

Valores inferiores obtenidos por Borges *et al.* (2018) para la masa fresca de tubérculos por planta se encontraron entre 2.6 y 2.74 al evaluar la producción sostenible de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos (60 a 80 g) procedentes de plantas *in vitro* como fuente de semilla durante un primer ciclo de cultivo en campo.

Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2017) al evaluar diferentes densidades de plantación en el cultivar de ñame Belep (*Dioscorea alata* L.) y su efecto en la producción de tubérculos alcanzaron resultados semejantes para la variable masa fresca de tubérculos por montículo donde los mayores valores se constataron en los tratamientos con tres y cuatro semillas (bulbillos de 60 – 80 g de masa fresca) por montículos, con 2,81 kg y 3,33 kg por plantas respectivamente. El valor más elevado correspondió al tratamiento con una semilla por montículo con 1,86 kg de masa fresca por tubérculo. Estos resultados constituyen una valiosa herramienta para dar respuesta a las demandas de los consumidores, en relación al tamaño y masa fresca de tubérculos, una vez cosechados para su comercialización.

Una respuesta similar para la masa fresca de tubérculos por planta se mostró para el rendimiento agrícola, los tratamientos en canteros arrojaron valores significativamente al tratamiento tradicional en montículo. Se aprecia que para el tratamiento 3, formado por el de surcos en camellón a una distancia de plantación de 1 x 0.5 m, se alcanzan valores que incrementan los rendimientos agrícolas tradicionales del cultivo, lo cual se atribuye a que en este tratamiento se duplica el número de plantas sin afectar sus indicadores agronómicos con un mayor aprovechamiento de la tierra y la consiguiente duplicación de los rendimientos agrícolas del cultivo.

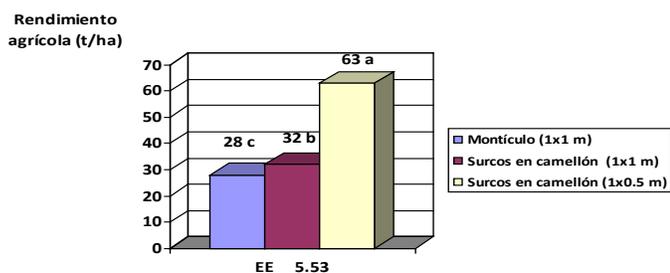


Figura 1. Rendimientos agrícolas de ñame clon Criollo Blanco provenientes de bulbillos mayores de 80 g y cosechadas a los 270 días de establecidas en campo en la tecnología de plantación en montículo en comparación con la de surcos en camellón a distintos marcos de plantación. Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente para $p < 0.05$ según prueba de Tukey, EE, error estándar

Los rendimientos alcanzados por hectárea en la presente investigación, en función de la masa fresca de tubérculos

por planta para el clon Criollo (2,8 a 3,2 kg), se consideraron de normales a buenos para esta especie durante un primer ciclo de cultivo en condiciones naturales, lo que concuerda con los resultados de rendimiento obtenidos a partir de material convencional de *D. alata* en condiciones de campo por Degras *et al.*, (1986), quienes mostraron que el rendimiento potencial de esta especie es superior a 5 kg/planta (6 a 8 Kg/planta), los buenos rendimientos están en el orden de 4 kg/planta y los normales entre 1,5 a 2,5 kg/planta.

Estos resultados no coinciden con los planteados por MINAG (2008), donde señalan que la tecnología más apropiada para la producción de ñame es el uso del montículo con una distancia de plantación de 1x1 m.

La tecnología de surcos en camellón demostró que posee mayor sostenibilidad con relación al montículo, dentro de las principales ventajas se destacan:

1. Mejor aprovechamiento del suelo.
2. Rápida preparación de forma mecanizada o con tracción animal.
3. Menor desecación del suelo.
4. Protege mejor el sistema radical de la planta.
5. Facilita el desarrollo de los tubérculos.
6. Facilita la plantación y cosecha de los tubérculos con tracción animal y/o mecanizada.
7. Considerable ahorro de tiempo y fuerza de trabajo.
8. Ahorro de herbicida por cierre más rápido del campo.
9. Disminución de los gastos por concepto de limpia.
10. Facilita las atenciones culturales permitiendo mecanizar el riego y la fertilización.
11. El riego se realiza de modo más eficiente con el consiguiente ahorro de agua.
12. Mejor distribución y aprovechamiento del agua.
13. El uso de tutores puede ser sustituido, por el uso intercalado de cultivos como el maíz, la yuca (de ciclo largo), quimbombó, canavalia y otras plantas.
14. La tecnología es aplicable tanto a pequeñas parcelas como a grandes áreas de cultivo.
15. Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas con un aprovechamiento más de los indicadores de sostenibilidad del agroecosistema.

Las referencias de estudios anteriores en la bibliografía consultada son muy limitadas. A pesar de ello los resultados de la presente investigación coinciden con lo señalado por Milián *et al.*, (2013) que plantearon que “la labor de surca en camellón se impone en las tierras compactas, facilitando la salida del agua en exceso y también en los suelos pobres porque a través de ellas se acumula la tierra alrededor de la planta, logrando así el aumento del espesor de ese suelo”.

Por otro lado, también es coincidente con lo planteado por Leyva, (2017) sobre el cultivo de raíces y tubérculos, cultivo del boniato, la papa y el ñame; plantar en la parte superior del camellón permite lograr altos rendimientos, porque permite una mejor aireación, disminuye la compactación, facilita las labores de cultivo, facilita el drenaje y el desarrollo adecuado de las raíces tuberosas y tubérculos.

Milián *et al.*, (2013) consideraron que la plantación debe de hacerse en camas bien conformadas (camellones), que permitan un buen drenaje del agua. La cama (camellón) debe de ser de 40 a 50 cm de altura y estar separados entre 1.3 y 1.5 m, la plantación se realiza sobre la cama a 10 cm de profundidad. Por su parte Ávila, (2013) en el manejo integrado del ñame, (Colombia), plantea que, debido, a que el ñame no soporta encharcamientos (exceso de humedad en el suelo) se realiza la aporcada del terreno cuando los terrenos son planos, para realizar la plantación en la parte alta del camellón

Borges et al., (2020) al evaluar la reducción de pérdidas mediante el manejo de tubérculos de *Dioscorea* spp. durante su cosecha y almacenamiento postcosecha, describieron un conjunto de medidas de manejo del cultivo dentro de la cual fue considerada como esencial para disminuir dichas pérdidas efectuar la plantación en canteros de 50 cm de altura (0,5x1m) para de esta manera evitar o reducir posibles daños mecánicos durante el momento de la cosecha y su posterior almacenamiento.

Es importante declarar que la reproducción asexual del cultivo del ñame, implica que el material de plantación envejece fisiológicamente por los reiterados ciclos de cultivo en campo y se deteriora por la acumulación de plagas y enfermedades, lo que disminuye de forma considerable el potencial de rendimiento del cultivo, de modo que resulta imprescindible establecer un esquema de certificación de material de plantación que combine de manera efectiva los métodos biotecnológicos y convencionales para la producción acelerada de semillas categorizadas, aspecto que en la actualidad constituye la principal limitante para la producción y diversificación sostenible de este cultivo en Cuba y el mundo.

Con relación a ello Rodríguez *et al.*, (2018) plantearon que a pesar de los progresos alcanzados en la producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) tanto por métodos tradicionales como biotecnológicos, la escasez de material vegetal de plantación con calidad fisiológica y sanitaria continúa limitando la producción a gran escala de este cultivo.

También Vargas, (2019) al evaluar el comportamiento productivo de materiales de siembra de ñame (*Dioscorea alata* L.) en la región Huetar Norte de Costa Rica, señaló que el productor de ñame acostumbra a usar material no comercial de la cosecha como semilla, el cual no siempre reúne las condiciones óptimas para este fin. El ñame al propagarse vegetativamente (rizomas o secciones de estos o esquejes de tallos), favorece la trasmisión de plagas, lo cual afecta la calidad de la semilla y por ende la

producción. El uso de herramientas biotecnológicas para producir plantas libres de plagas, es una estrategia propuesta para reducir la incidencia y trasmisión de plagas, así como para incrementar la producción. Dentro de estas técnicas, el cultivo de meristemas, la micropropagación y la producción in vitro de minirizomas son algunas herramientas que se pueden utilizar para mejorar la calidad de la semilla de este cultivo.

Por otro lado, Aighewi *et al.*, (2015) evaluaron la necesidad de nuevas tecnologías de producción semilla ñame principalmente para la obtención de semillas de calidad con la utilización combinada de métodos de propagación mejorados basados en técnicas biotecnológicas y convencionales de propagación rápida de semillas para incrementar la productividad del ñame (*Dioscorea rotundata* Poir.) y transformar el sistema informal de semilla de ñame y desarrollar un sistema formal como fuente de material plantación certificado para reemplazar progresivamente la semilla enferma y con deterioro fisiológico empleada de manera tradicional por los productores de este cultivo. Sólo un esquema de multiplicación integrada que combine dos o más métodos de propagación acelerada de semilla de ñame debe adoptarse para construir y sostener un sistema viable de producción de semilla de ñame. Sin embargo, estos autores recomiendan que las técnicas de cultivo de tejidos deben formar parte principal de cualquiera de los esquemas de producción de semilla de ñame debido a su importancia en la producción y mantenimiento de un núcleo de material limpio.

No se presentó incidencia de plagas y enfermedades en el 100 % de las plantas establecidas en campo a partir de los bulbillos aéreos, durante el monitoreo sistemático en las distintas fases fenológicas del cultivo por observación directa y la certificación del material vegetal por los especialistas y el laboratorio provincial de sanidad vegetal de Granma.

Estos resultados son muy valiosos para la producción sostenible del cultivo del ñame y en particular para el clon Criollo que es un clon de buena productividad y rusticidad, resistente al ataque de plagas y enfermedades, tolerante a la sequía, así como de alta aceptación, buena presentación culinaria y consumo por la población; donde la disponibilidad actual de semilla de ñame es muy reducida, de manera que la producción acelerada de bulbillos aéreos de excelente calidad fisiológica y fitosanitaria potencia la producción de semilla básica proveniente de cultivo *in vitro* con todas las ventajas y beneficios agronómicos que esta tecnología ofrece.

En este sentido Ramos, (2022) al evaluar la reproducción sostenible del cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.) en condiciones de montaña en el municipio del Tercer Frente en la provincia de Santiago de Cuba señalaron que la posibilidad de los clones de *D. alata* de producir bulbillos aéreos de excelente calidad fisiológica y fitosanitaria potencia la producción de semilla categorizada en la especie más cultivada y consumida en Cuba, donde la disponibilidad actual de semilla es muy reducida, de manera que la producción acelerada de bulbillos aéreos provenientes de

tubérculos sanos provenientes de plantas *in vitro*, constituye una alternativa viable y sostenible como fuente de semillas sanas en la producción y diversificación de esta especie al alcance de todo los productores.

Aunque los recientes avances en la búsqueda de procedimientos rápidos de propagación de ñame, han llevado al uso y promoción de esquejes como una fuente alternativa de material de plantación (Balogun et al., 2014), el uso de tubérculos y bulbillos aéreos sigue siendo el único medio de propagación para millones de pequeños agricultores (Aighewi et al., 2020).

En resumen, esta investigación demostró que los bulbillos aéreos sanos con un peso mayor de 80 g aseguran una alta productividad y rendimientos sostenibles estables en surcos en camellón a una distancia de plantación de 1 x 0,5 m de 63 t/ha, mejora la tecnología de cultivo del ñame a pequeña y grande escala productiva extensiva. Además de evidenciar la factibilidad agronómica de los bulbillos aéreos del clon Criollo con relación a los tubérculos tradicionales, también se muestra su factibilidad técnica, económica y comercial, pues permite el aprovechamiento total de los tubérculos para su consumo.

CONCLUSIONES

Se mejoró de manera significativa y sostenible la tecnología del cultivo de ñame en condiciones de campo para el clon Criollo (*D. alata*) mediante su plantación en surcos en camellón a una distancia de plantación de 1 x 0.5 m con el empleo de bulbillos aéreos como material de propagación mayor a 80 g de masa fresca provenientes de las plantas *in vitro* cultivadas en campo durante un primer ciclo de cultivo en campo, el cual duplicó los rendimientos agrícolas tradicionales del cultivo de esta clon a 63 t/ha.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la cooperación internacional brindada por el proyecto Flemish Interuniversity Council (VLIR-UOS); University Gent, Belgium “*Biotecnología in vitro de plantas para el incremento de la seguridad alimentaria en la región oriental de Cuba*” en especial al Prof. Dr. Stefaan Werbrouck, director Lab. Applied In Vitro Plant Biotechnology y al proyecto de desarrollo local *Implementación de la tecnología de producción acelerada de semilla categorizada de ñame (Dioscorea spp.) a nivel local en el municipio Jiguaní* “.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aighewi, B.A.; Asiedu, R.; Maroya, N. & Balogun, M. (2015). Improved propagation methods to raise the productivity of yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Food Security*, 7 (4): 823-834.
- Aighewi, B.A.; Maroya, N.G; Asiedu, R.; Aihebor, D.; Balogun, M. & Mignouna, D. (2020). Seed yam production from whole tubers versus minisetts. *Journal of Crop Improvement*, DOI: 10.1080/ 15427528.2020. 1779157. Université de Provence, Aix - Marseille 1, 97 pp.
- Akinrinola O.O. & Adeyemo A.O. (2018). The Impact of Agricultural Technology Adoption on Poverty: The Case of Yam Minisetts Technology in Ekiti State, Nigeria. *Journal of Agricultural Research*. 3(9): 000195.
- Andres, C.; Adeoluwa, O.O. & Bhullar, G.S. (2017). “Yam (*Dioscorea spp.*)” in *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, Vol. 3., eds B. Thomas, B. G. Murray, and D. J. Murphy (Waltham, MA: Academic Press),435–441.
- Arnolin, R. (1985). Reactions différentes de l'igname (*Dioscorea* L.) au bouturage *in vitro*, selon le cultivar. À. L. Degras, éditeur, 7^{ème} Symposium de la Société Internationale pour les Plantes à Tubercule Tropicales. INRA, Guadeloupe, Gosier, FRA. p. 341-352.
- Ávila M. (2013). Manejo integrado del Cultivo del Ñame Espino. *Labores Culturales del ñame en Colombia. Sistematización de experiencias Paquetes tecnológicos* Corporación PBA.
- Balogun, M.O.; Maroya, N. & Asiedu R. (2014). Status and prospects for improving yam seed systems using temporary immersion bioreactors. *Afr. J. Biotech.* 13:1614-1622.
- Borges, M.; Gómez, R.; Estrada E.; Reyes, D.; Malaurie, B. & Destrada, R. (2015). Respuesta en campo de plantas *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon ‘Caraqueño’ en distintos momentos de plantación. *Biotecnología Vegetal* 15(3):137-142.
- Borges, M.; Reyes, D; Leyva H & Salgado A. (2018). Producción de ñame clon criollo a partir de bulbillos aéreos. *Agro. Mesoam.*, 29(1):75-84.
- Borges, M.; Sánchez, Y. & Reyes D. (2020). Manejo de tubérculos comerciales de ñame (*Dioscorea spp.*) durante la cosecha y almacenamiento post cosecha. *Agrisost*, 26(2), 1-11. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e3261>.
- Degras, L. (1986). L'igname, techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M. & Robledo, C.W. (2017). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Iddi, F.Y.; Donkoh, S. A.; Danso-Abbeam, G.; Karg, H. & Akoto-Danso, E. K. (2018). Marketing efficiency analysis of yam value chain in the northern region of Ghana. *UDS International Journal of Development. Volume 5 No. 1*.
- Leyva, H. (2017). Banco de semilla categorizada y mejoramiento de la tecnología del cultivo de ñame (*Dioscorea spp.*) en la provincia Granma. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas], Universidad de Granma, pp. 90-92.

- Milián, M. D.; Rodríguez, S.; Morales, A.; Espinosa, E.; Ventura, J.; Figueroa, Y.; Rodríguez, D.; Rodríguez, Y.; Beovides, Y.; Basail, M.; Cruz, J. A.; Ruiz, E.; González, L. & Arredondo I. (2013). Identificación de cultivares comerciales resilientes a los efectos del cambio climático. Oficina para las Naciones Unidas PNUD, Cuba, 87 pp.
- MINAG. (2008). Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame. Castellanos, P. (Ed.). SE. DGRI/AGRINFOR, Ciudad de La Habana.
- Ramos Y. (2022). Reproducción sostenible del cultivo del ñame (*Dioscorea* spp.) en condiciones de montaña. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas], Universidad de Oriente, 69 pp.
- Raphiou, M.; Siaka, K.; Kouami, N.; Nebambi, L. & Bello, S. (2019). Effect of the Soil and Sawdust Substrates on the Sprouting Rates of Yam Minisettes Varieties in the Guinea Sudan Zone of Benin. *International Invention of Scientific Journal. Volume 03 Issue 01*.
- Rodríguez, Y.; Rodríguez, S.; Milian, M.; Arce, R.; Figueroa, Y.; Morales, A. & Lima, M. (2017). Densidades de plantación en el cultivar de ñame Belep (*Dioscorea alata* L.) y su efecto en la producción de tubérculos. *Agricultura Tropical. Vol. 3. No. 1*.
- Rodríguez, D.; López, J.; Bermúdez, I.; Montano, N.; Rayas, A.; Basail, M.; Santos, A.; Gutiérrez, Y.; Medero, V. & Beovides, Y. (2018). Regeneración de plantas de *Dioscorea cayenensis* subsp. *Rotundata* Poir cultivar Blanco de Guinea a partir de embriones somáticos. *Biotecnología Vegetal, 18 (3): 175-180*.
- Valencia, H. (2017). Implementación de un sistema de producción de 10.000 m² de ñame (*Dioscorea alata*) asociado con maíz. (*Zea mays*) en el municipio de Montelíbano Córdoba, con fines de comercialización https://ciencia.lasalle.edu.col/ingenieria_agronomica/97
- Vargas, A. (2019). Comportamiento productivo de materiales de siembra de ñame (*Dioscorea alata*) en la región Huetar Norte, Costa Rica. [Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía]. Tecnológico de Costa Rica. Campus Tecnológico local San Carlos, Costa Rica.

MEJORA DEL AGROECOSISTEMA AMBIENTAL EN LA FINCA LA GRANJITA: UNA CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA

IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL AGROECOSYSTEM IN LA GRANJITA FARM: A CONTRIBUTION TO AGRICULTURAL SUSTAINABILITY

Adrián Cánova Herrandiz¹

E-mail: adriancanova434@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6882-6149>

Iván Castro Lizazo²

E-mail: ivanc@unah.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6964-5160>

Uliser Vecino Rondan³

E-mail: uvecino@uij.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7817-9301>

¹ Universidad de la Isla de la Juventud

² Universidad Agraria de La Habana

³ Universidad de la Isla de la Juventud

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cánova Herrandiz, A., Castro Lizazo, I., Vecino Rondan, U. (2022). Mejora del agroecosistema ambiental en la finca La Granjita: una contribución a la sostenibilidad agrícola. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 167-174. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Las prácticas agroecológicas permiten manejar de manera sostenible los recursos naturales y contribuyen a la resiliencia de los agroecosistemas. La investigación tuvo como objetivo desarrollar un manejo del agroecosistema agrícola que propicie la mejora de la dimensión ambiental en áreas de la Finca La Granjita en la Isla de la Juventud. El diseño del estudio es mixto con tendencia hacia la investigación cuantitativa, de tipo analítico y descriptivo. La metodología en estudio se fundamenta en los principios de la investigación-acción-participativa; en el primer paso la caracterización del contexto agroecológico, el segundo paso evaluación del comportamiento del agroecosistema ambiental de la finca y tercero las prácticas agroecológicas seleccionadas. La propuesta constituye una herramienta que fue puesta en manos de los productores, con la cual se propicia el manejo de los agroecosistemas sobre la base de una concepción sostenible, para lo cual se contó con un volumen informativo fácilmente accesible, que permite la valoración y elección de alternativas favorables para el manejo de los componentes agrícolas en las fincas, con beneficios en el agroecosistema ambiental.

Palabras clave:

Agroecosistema ambiental, componentes agrícolas, contexto agroecológico, prácticas agroecológicas, sostenibilidad.

ABSTRACT

Agroecological practices allow the sustainable management of natural resources and contribute to the resilience of agroecosystems. The objective of the research was to develop a management of the agricultural agroecosystem that promotes the improvement of the environmental dimension in areas of La Granjita farm, Isla de la Juventud. The study design is mixed with a tendency towards quantitative, analytical and descriptive research. The methodology under study is based on the principles of participatory-action-research; in the first step, the characterization of the agroecological context, the second step, the evaluation of the behavior of the environmental agroecosystem of the farm, and the third, the selected agroecological practices. The proposal constitutes a tool that was placed in the hands of the producers, with which the management of agroecosystems is promoted on the basis of a sustainable conception, for which there was an easily accessible informative volume, which allows the assessment and choice of favorable alternatives for the management of agricultural components on farms, with benefits in the environmental agroecosystem.

Key words:

Environmental agroecosystem, agricultural components, agroecological context, agroecological practices, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible se ha convertido en un tema prioritario para las naciones, para medir la sostenibilidad de sistemas agrarios se recomienda el uso de indicadores o dimensiones (económico, social y ambiental) en el marco de un proceso de diagnóstico participativo, a través del diálogo de saberes y la intervención de grupos de expertos para delinear la factibilidad y aplicabilidad de cada indicador.

En la búsqueda de metodologías o procedimientos encaminados a valorar los sistemas de producción se reconoce que, la sustentabilidad de los mismos ha sido un tema tratado por el movimiento agroecológico mundial en las últimas décadas (Sarandón y Flores, 2019). La agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, son culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables (Nicholls et al., 2017).

Se considera que, los diseños agroecológicos son propios de cada contexto y cada contexto tiene sus particularidades desde cada dimensión de la sostenibilidad: cultural, ecológico, político, productivo y económico.

Los diseños de sistemas agroecológicos son el primer paso que debe incluirse en las prácticas y estrategias vigentes en áreas agrícolas que junto con estos principios, debería tenerse en cuenta como base para el desarrollo sostenible. Mientras que las sociedades se enfrentan a profundas crisis sociales, medio ambientales y económicas, y el cambio climático, estas imponen cambios profundos y radicales de los modelos de producción y consumo vigentes, para que la agroecología se entienda y se apoye ampliamente (Silva y Ramírez, 2017).

Plantea principios agroecológicos básicos (Nicholls et al., 2017) acerca de cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y, a su vez, conservadores de los recursos naturales; que sean, además, culturalmente sensibles y sociales, y viables desde el punto de vista socioeconómico.

De la sistematización de los referentes teóricos sobre la Agroecología y coincidiendo con Funes (2018), se define que, comprende una serie de técnicas y herramientas que tienen como objetivo fundamental conservar mejor y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos, a partir de la eliminación de productos químicos y fortaleciendo los biológicos y origen natural de forma endógena o local.

Por su parte, Calzada et al., (2022), en 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.

En Cuba, el período especial fue una etapa de privación, pero también fue un período de innovación en la agricultura sostenible y en la reorganización de la producción para obtener alimentos de una forma más autónoma. La transición hacia una agricultura agroecológica representó un reto enorme para los técnicos y agricultores, que estaban habituados a producir con un enfoque de altos insumos, y no reconocían la posibilidad de la agricultura sostenible o de bajos insumos para solucionar la alimentación de la población.

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 (González et al., 2022).

En la Isla de la Juventud, confluyen experiencias e iniciativas locales mediante la ejecución de un Plan de desarrollo integral proyectado en la agenda 2030, aprobado por el Consejo de Ministros en abril del año 2012, constituye un instrumento para que el gobierno local interactúe con los organismos y las entidades del territorio, con el fin de conducir el proceso de desarrollo socioeconómico y agropecuario del municipio (Cánova et al., 2019; Cruz et al., 2020).

Como parte del diagnóstico aplicado se identifican como aspectos de la Situación problemática los siguientes; se necesita mayor apoyo financiero y estimular a los nuevos usufructuarios; la capacitación, equipos, implementos, desarrollo rural y cambio de conciencia hacia una agricultura en armonía con la naturaleza y atractivos económico-sociales para los nuevos agricultores que permita la revalorización del trabajo de las y los campesinos (Vecino et al., 2021). En este orden, perfeccionar los mecanismos para evaluar los niveles de sostenibilidad de los agroecosistemas es una necesidad definitiva, con énfasis en aquellas producciones con importancia económica para el país.

Se reconocen aspectos como: insuficiente manejo y control de las plagas y enfermedades, el entorno natural es afectado por prácticas agrícolas inadecuadas, influencia del cambio climático, insuficiente disponibilidad de paquetes tecnológicos para los cultivos de interés Estatal, sobre la base de prácticas sostenibles, es limitado el nivel de conocimiento de las prácticas productivas amigables con el medio ambiente por parte de los agricultores, así como, es insuficiente el manejo de técnicas y herramientas para la evaluación del manejo de los agroecosistemas.

A estos elementos, se suman otros relacionados con la gestión de los procesos como la escasa cooperación y calidad de las articulaciones productivas entre los actores sociales y los campesinos; los equipos de dirección

de las cooperativas agropecuarias y la representación Estatal, poseen escasas habilidades en la formación de capacidades para generar un cambio organizacional en el tejido productivo y empresarial en cuanto a estilos de dirección, experiencias, formación, motivación, respuestas y resultados ante el riesgo y el liderazgo; así como es débil la aplicación de los conocimientos que contribuyan en el incremento de los resultados productivos y con ello la satisfacción de la población.

Los aspectos antes abordados demuestran la necesidad de establecer herramientas que posibiliten la implementación de sistemas sostenibles que aborden estas problemáticas desde las aristas; sociales, económicas y ambientales en la actividad agrícola.

La investigación tuvo como objetivo desarrollar un manejo del agroecosistema agrícola que propicie la mejora de la dimensión ambiental en áreas de la Finca La Granjita en la Isla de la Juventud.

MATERIALES Y MÉTODOS

El período de estudio estará comprendido entre octubre 2020 a julio de 2022. El diseño del estudio es mixto con tendencia hacia la investigación cuantitativa, de tipo analítico y descriptivo.

Se basa en la revisión bibliográfica de los conceptos de los agroecosistemas sostenibles. Para ello se consultarán las diferentes fuentes de información, artículos científicos publicados en torno al tema y literatura producida en bases de datos referenciadas, con la intención de conocer acerca del estado de arte del objeto de estudio y concretar definiciones y estrategias necesarias para la implementación de sistemas sostenibles en el marco de los programas agropecuarios.

Se aplicaron varios métodos y técnicas sobre la información científica de la literatura citada, con los instrumentos de evaluación (encuestas, entrevistas) la observación científica y análisis documental y como tipo de muestra el comportamiento del agroecosistema ambiental en la finca unidad de análisis.

Como descripción del área de estudio se tuvo en cuenta que, el trabajo se desarrollará en una finca del Municipio Especial Isla de la Juventud, seleccionada por su alto nivel de biodiversidad, por implementar técnicas agroecológicas, y por su fácil acceso y abierta disposición para participar en la investigación. Las principales características de la finca son su localización en el Consejo popular Patria, un total de 6 ha y compuesta por tres personas (familias), además como fuerza de trabajo utilizan generalmente dos trabajadores.

La metodología en estudio se fundamenta en los principios de la investigación-acción-participativa; en el primer paso la caracterización del contexto agroecológico, el segundo paso evaluación del comportamiento del agroecosistema ambiental de la finca y tercero las prácticas agroecológicas seleccionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Contexto agroecológico

La investigación se desarrolló en la finca “La Granjita” de la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida “Rodolfo Carballosa” de la Isla de la Juventud, esta finca ha sido afectada por el paso de varias tormentas tropicales, propios de la región tropical donde se encuentran. En este agroecosistema familiar, tiene como objeto social la producción de frutales y ganado menor.

En el periodo evaluado la producción de los productos agrícolas de interés económico, quedó afectada por la pérdida de la mayoría de las plantas de Manguifera indica (mango) y en otras las ramas quedaron totalmente destruidas por los eventos climatológicos. Por tal modo, lo anterior provocó que se perdiera la producción de mango en los próximos años y por consiguiente, la disminución del ingreso familiar.

La finca cuenta con una extensión total de 6 ha (hectáreas); la cual representa el 95 por ciento (%) de área agrícola, ya que el otro 5 % es dedicado a la infraestructura de la casa, el 40 (%) se encuentra cubierta por el cultivo principal (mango), el otro porcentaje esta destinado con otros frutales (con énfasis fruta bomba y guayaba), cultivos varios (hortalizas y vegetales con mayor utilización el pimiento, las viandas y granos), ganado menor (cunícola, porcino, aves) y ganado mayor (equinos).

Por lo anterior expresado, predomina en el agroecosistema tiene una diversidad de plantas de frutales y de otros cultivos. Además, se ha mantenido una cultura de rotación y alternar los cultivos, por largo tiempo para la producción del producto agrícola y se ha hecho un buen aprovechamiento del horizonte cultivable del suelo.

A estos criterios se suman que tiene una sostenibilidad de sus producciones y realiza buenas prácticas agrícolas fundamentada por los principios agroecológicos, en su mayoría sin el uso o poco de fuentes minerales. Además presenta un principio sistémico de las labores culturales que se desarrollan, en consecuencia con la experiencia de los usufructuarios (Paquito, Frank y Yesenia), visto en más de 50 años, 25 años y 10 años de experiencia, respectivamente. Su nivel escolar es superior en los hombres y la mujer esta cursando en la actualidad el tercer año de la carrera de Ingeniería Agrónoma por el Curso por Encuentro.

A estos elementos, se suman otros relacionados con la gestión de los procesos como la alta cooperación y calidad de las articulaciones productivas entre los actores sociales y los campesinos; los equipos de dirección de las cooperativas agropecuarias y la representación Estatal, poseen habilidades en la formación de capacidades para generar un cambio organizacional en el tejido productivo y empresarial en cuanto a estilos de dirección, experiencias, formación, motivación, respuestas y resultados ante el riesgo y el liderazgo; así como es débil la aplicación de los conocimientos que contribuyan en el incremento de los resultados productivos y con ello la satisfacción de la población.

Los usufructuarios se encuentran al frente de dos proyectos de investigación: Desarrollo cunícola para beneficio alimentario de la población pinera y Producción de papa ecológica en la Isla de la Juventud.

Para la evaluación del comportamiento de los indicadores productivos se tuvo en cuenta los cultivos divididos por; tubérculos y raíces, hortalizas, granos, frutales, plantas medicinales, alimento animal, producciones pecuarias vistas en; producción de huevos (autosonsumo) y producción de carne (con énfasis cunícola)

De acuerdo con González et al., (2022); 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.

En este trabajo se identificaron siete atributos de sustentabilidad o sostenibilidad que representan, propiedades sistémicas fundamentales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión.

Para la evaluación del comportamiento de los indicadores productivos se tuvo en cuenta los cultivos divididos por; tubérculos y raíces, hortalizas, granos, frutales, plantas medicinales, alimento animal, producciones pecuarias vistas en; producción de huevos, producción de leche, producción de carne y miel.

Los 10 elementos de la agroecología según la FAO (2019), están interrelacionados y son interdependientes, los que se basan en los cinco principios de la agroecología y en los cinco niveles de las transiciones agroecológicas, entre ellos destacan; la diversidad, las sinergias,

la eficiencia, la resiliencia, el reciclaje y la creación conjunta y el intercambio de conocimientos (que describen las características comunes de los sistemas agroecológicos; las prácticas básicas y los criterios de innovación); los valores humanos y sociales y la cultura y tradiciones alimentarias (que ponen de manifiesto aspectos contextuales); la economía circular y solidaria y la gobernanza responsable (que tratan el entorno favorable).

La definición de los criterios de diagnóstico y sus respectivos indicadores se realizará de forma participativa, de tal manera que los productores seleccionarán, tras un proceso de ponderación, aquellos que representan mejor la sostenibilidad del agroecosistema. Se tendrá en cuenta: i) el nivel de representatividad de los atributos; ii) la confiabilidad de la información y el acceso a la misma; iii) la facilidad de la medición de los indicadores; y iv) la necesidad de considerar todas las áreas de evaluación (ecológica, económica y social).

Atributos: Período de tiempo de mayor desarrollo, Innovaciones y usuarios más importantes, Recursos claves anteriormente obviado, Actitud predominante, Objetivos ideales y Tiempo en que se ejecuta la investigación.

De acuerdo con Oropesa et al., (2021), en Cuba sería pertinente establecer estrategias locales para mejorar la calidad de vida de las personas y conservar el medio ambiente, desde un enfoque agroecológico y sostenible.

Comportamiento del agroecosistema ambiental en la finca La Granjita

Se puede evidencia en la tabla 1 los resultados obtenidos en el comportamiento de las dimensiones y los indicadores de la finca. Se muestra la tabla dividida en cuatro columnas distribuidas de la siguiente forma; dimensión, componentes, criterios e indicadores.

Tabla 1. Evaluación del comportamiento del agroecosistema ambiental de la finca La Granjita

Dimensiones	Componentes	Criterios	Indicadores verificables	2020	2022
Ambiental	Uso del suelo	Uso de la tierra	- Conflicto=1 - Conflicto alto=2 - Conflicto medio=3 - Sin Conflicto=4	4	4
		Fertilidad del suelo	- Alto=90-100% (4) - Media=70-89% (3) - Bajo =69-50% (2) - Pobre=-50% (1)	74% (3)	86 % (3)
		Medida en que se evita la degradación	- Alto=3 - Media=2 - Bajo=1	2	3
		Adición de materia orgánica	No=1 Si=2	2	3
		1Calidad del suelo	Textura, densidad aparente Bien=3, Regular=2, Malo=1	2	2
		Índice de utilización de la tierra	Área de producción/área total se mide en %	4.6/6=77%	5.5/6=92%

Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar que la dimensión ambiental tienen varios componentes entre ellos los relacionados con: el uso del suelo, uso del agua y la biodiversidad.

En la figura 1 se muestran los resultados del componente del uso del suelo respecto a los criterios planificados. Se observa que, en sentido general los indicadores son evaluados de aceptables, aunque se reconocen una evolución de algunos como la calidad que era regular y después fue aceptable, en ello influyó el manejo y el uso eficiente del suelo. De forma similar se comporta la productividad y las medidas en que se evita la degradación pasando de regular a ser aceptable visto en una efectividad media a una alta. Por su parte los criterios del uso de la tierra fue evaluado de aceptable a satisfactorio ya que fue utilizado de forma más eficiente este recurso.

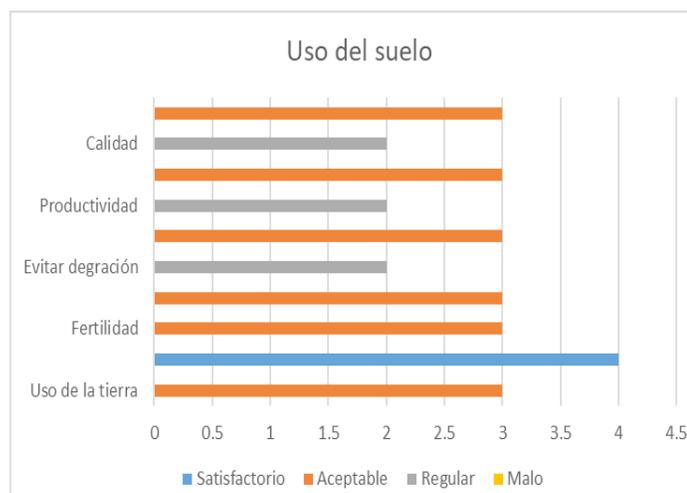


Figura 1. Componentes relacionados con el uso del suelo en la dimensión ambiental. Fuente: Elaboración propia

Otro tema fue el uso del agua, que al observar los resultados del suministro se tenía solo en el 2020 un pozo y en el 2022 se logra como fuente de abasto un canal de riego gestionado por los conductos de las presas cercanas El Abra y El Vaquerito. Respecto al manejo racional tiene su evolución de aceptable a satisfactorio por los indicadores ante descritos por los canales gestionados y con ello un sistema de riego de una hectárea que ayuda a su ahorro.

Al evaluar si existe competencia entre consumo humano y agrícola es evaluado de baja ya que el pozo y la conductora principal del territorio son utilizados como agua potable, además de los equipos electrodomésticos imprescindibles proporcionados a través de programas sociales del Estado y su autogestión por las cooperativas. Este proceso permite que para el riego y labores agrícolas se utilice el canal de las presas, permitiéndoles satisfacer el 80 % de las necesidades de riego y el otro porcentaje lo logran con una laguna artificial creada para este fin.

Cuando se evalúa el componente de la Biodiversidad y dentro de ella su criterio de diversidad de la producción

se puede observar que, en el año 2020 domina dos especies de vegetales de diferentes géneros como el mango y la fruta bomba, para el año 2022 su biodiversidad es más resiliente y existen más de tres variedades asociadas con área equilibrada dentro de ellas mayor diversidad de granos, tubérculos, frutas y hortalizas.

El porcentaje de pureza de las semillas según los datos de la UEB Semillas de la Empresa Agroindustrial “Comandante Jesús Montané Oropesa” Isla de la Juventud y las diferentes formas productivas por las cuales gestionan las semillas, se tiene como promedio en el año 2020 un 82 % de pureza y en el año 2022 fue de 88 %, lo que reafirma la calidad de las mismas. De forma ascendente se observa también el porcentaje del autoabastecimiento de semillas, se comporta en el 2020 en un 20 % y aumenta al 40 % en el 2022, influyen principalmente los frutales y los granos.

Se puede evidenciar las diferentes alternativas utilizadas de acuerdo al manejo de tecnologías novedosas, entre ellas; para el suelo, para la mitigación del clima y para minimizar las afectaciones climáticas sobre todo los huracanes y las intensas lluvias. En este último indicador la magnitud de las afectaciones por eventos meteorológicos son altas ya que la Isla de la Juventud es azotada por estos eventos en un porcentaje muy alto.

La reforestación en la finca al evaluarse en el número de árboles por hectáreas se comporta en 23 árboles/ha en el 2020 y 75 árboles en el 2022, lo que guarda relación con los resultados de Pozo, (2019), cuando expresa que en Centroamérica y del Caribe se retienen de 14-184 árboles/ha.

Por otra parte, al evaluar la cantidad de abonos producidos (t/ha) en la finca se comportó en 30.2 t/año y 43.5 t/año, en los años 2020 y 2022, respectivamente, sin embargo fueron inferiores a los resultados reportados por Casimiro y Casimiro, (2017), cuando obtuvieron la producción de abonos orgánicos, a razón de 60 t/año/finca.

Prácticas agroecológicas seleccionadas

Se reconocen los criterios de Contino et al., (2018), los cuales están presentes en la finca objeto de estudio (Finca La Granjita) sobre los principales actores involucrados, se definen 66 prácticas agroecológicas (tabla 2) factibles de implementar en las fincas en estudio. Estas prácticas se agrupan por temáticas generales, tales como: establecimiento de sistemas agroforestales (9 prácticas), conservación y protección del suelo (6), uso de abonos orgánicos (11), control biológico de plagas (4), producción de abonos orgánicos (6), rotación de cultivos (5), diversificación productiva (14), policultivo (7) y otras prácticas (4).

Tabla 2. Prácticas agroecológicas seleccionadas para las Fincas La Granjita en la Isla de la Juventud

Práctica	Prácticas que se consideraron dentro del grupo
Establecimiento de sistemas agroforestales	Siembra de: postes y/o cercas vivas, plantaciones forestales y/o frutales, bancos proteicos de arbóreas, árboles dispersos en pastizales, franjas hidrorreguladoras, árboles intercalados con cultivos agrícolas, árboles intercalados con pastos y/o forrajes, corredores biológicos y árboles en suelos no productivos/cultivables.
Policultivos. Diversificación espacial y temporal	Siembra intercalada de: cultivos anuales, cultivos perennes o mosaicos, cultivos anuales intercalados con cultivos perennes, árboles de diferentes especies, cultivos agrícolas con cultivos forrajeros, gramíneas asociadas con leguminosas herbáceas, cultivos agrícolas y/o forrajeros con flores.
Control biológico de plaga	Empleo de: bioplaguicidas o medios biológicos, trampas (de colores, olores entre otras). Siembra de plantas repelentes de plagas y/o medicinales y preparados naturales (repelentes o medicinales).
Diversificación productiva	Existencia en el sistema de producción: agrícola, ganadera, frutales, cunicola, avícola, porcina, maderera, flores y plantas ornamentales. El estudio de Contino et al. (2018), presenta mayor diversidad productiva entre ellos: apícola, acuícola, ovina y/o caprina
Rotación de cultivos	Rotación de cultivos: anuales, perennes, anuales con perennes. Rotación de áreas agrícolas con las ganaderas y recuperación de áreas ociosas. No existe coincidencia con los resultados de Contino et al. (2018), cuando presenta tener plantas invadidas de arbustivas espinosas.
Producción de abonos orgánicos	Producción de: estiércol animal (y su tratamiento), compost, humus de lombriz, microorganismos eficientes y biofertilizantes. Uso de los efluentes de biodigestores.
Uso de abonos orgánicos	Aplicación al suelo de: estiércol animal, compost, humus de lombriz, microorganismos eficientes, abonos orgánicos, biofertilizantes y/o bionutrientes, gallinaza, cachaza, residuos de cosecha, efluentes de biodigestores y abonos orgánicos.
Conservación y protección del suelo	Cobertura del suelo con: mulch (cobertura muerta) y residuos de cosechas, uso de: leguminosas/abonos verdes, rehabilitación y/o renovación de pastos y barreras (muertas o vivas) contra la erosión del suelo, siembra en terrazas contra la pendiente del suelo.
Otras prácticas	Empleo de: laboreo mínimo, tracción animal, residuos y subproductos de cosecha para alimento animal y fuentes alternativas de energía.

Fuente: Contino et al. (2018), adaptadas por los autores

De acuerdo con Casimiro, (2014), las fincas agroecológicas, apoyadas por proyectos, como es el caso de la finca objeto de estudio, serán capaces de restaurar la biodiversidad, el manejo sobre bases sostenibles; de ocupar espacios que no son de interés para la gran empresa agrícola. Además de responder con nuevos conocimientos a los efectos del cambio climático, la escasez de recursos, la degradación de los recursos naturales, así como de desarrollar agroecosistemas altamente resilientes.

De igual manera se reconocen los resultados de Carmenate et al., (2019), y se aplican en la finca objeto de análisis en su sistema agrícola, la diversificación de las producciones con mezclas de variedades y policultivos, se seleccionan variedades de cultivos tolerantes a las condiciones edafoclimáticas, se hacen drenajes en las zonas que así lo requieran para evitar encharcamiento, barreras vivas y muertas (de piedras y madera) para evitar la erosión, cultivos de coberturas con la utilización oportuna de abonos verdes, se utiliza con este fin la canalavía. Todas estas acciones sirven para incrementar la biodiversidad, conservar los recursos naturales, estabilizar los rendimientos sin agroquímicos, prestar servicios

ecológicos y entregar lecciones notables de resiliencia frente al continuo cambio ambiental y económico.

En la finca se aprovechan los residuos orgánicos para la fertilización de los cultivos, a partir de la recolección del estiércol de los animales (conejo, gallina, caballo, cerdos) en sus propias instalaciones, empleado para la fertilización de los pastizales y cultivos, como muestra del reciclaje de nutrientes.

Coincidiendo con lo planteado por Funes, (2017), existen dos tendencias para dar respuesta a la pregunta de dónde sacar la materia orgánica: una es, importándola de otro sistema, como se hace generalmente en la obtención de productos orgánicos para el mercado y otra, producirlo en la propia finca. En esta finca La Granjita se utiliza en su mayor porcentaje la segunda alternativa de producirlos aunque, por las necesidades agrícolas de algunos cultivos se depende de importarlos, para mantener una producción orgánica en un sistema, extraemos la materia orgánica de otro para empobrecerlo. Además, nos enseña que para resolver esta problemática debemos producir el abono en la propia finca, logrando reciclar los nutrientes

y, a la vez, mantener la fertilidad del suelo con un buen manejo de este.

Principales resultados implementados en el agroecosistema y que constituyen referentes para ser generalizados en otras fincas de similares características: 1) Se pone a disposición del equipo de investigación las principales tendencias en el desarrollo de los agroecosistemas sostenibles, sobre la base de la sistematización de los referentes teóricos y los aportes realizados en el contexto cubano, 2) Se proponen herramientas y técnicas para la evaluación del estado en que se desarrollan las dimensiones ambientales, económicas y sociales en la Finca La Granjita en la Isla de la Juventud y para otras unidades de similar características, 3) Se identifican los principales resultados productivos sobre la base del comportamiento de los indicadores agrícolas en la Finca La Granjita en la Isla de la Juventud, 4) Se propone una metodología para el manejo de agroecosistemas basada en la sostenibilidad agrícola que contribuya en la mejora de las dimensiones ambientales, económicas y sociales en áreas agrícolas de la Finca La Granjita en la Isla de la Juventud a partir de sus implementación práctica.

CONCLUSIONES

Se determinó el contexto agroecológico de la Finca “La Granjita” en la Isla de la Juventud del cual se plantea que, la finca tiene un alto porcentaje de explotación del área agrícola destacando su biodiversidad, el manejo de las tecnologías sostenibles y las buenas prácticas a partir del enfoque sistémico.

Se evaluó en agroecosistema ambiental de la finca, donde se tuvo en cuenta las dimensiones, componentes, criterios e indicadores y su comportamiento en años diferentes, se constató que, la finca tiene un alto índice de sostenibilidad lo que evidencia el manejo del agroecosistema basada en la sostenibilidad agrícola.

En la finca se observó la implementación de técnicas y herramientas que tienen como objetivo fundamental conservar mejor y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, agua, agentes biológicos e insumos externos, a partir de la minimización de productos químicos y fortaleciendo los biológicos y origen natural de forma endógena o local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calzada Díaz de Villegas, A., Prieto Duarte, J. L., & Socarras Armentero, Y. (2022). Cuba y el Tránsito a una Agricultura Sostenible. *Científica Agroecosistemas*, 10(2), 109-115. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

Cánova Herrandiz, A., Cruz Cabrera, L., Vecino Rondan, U. & González Pedrón, S. L. (2019). Gestión de la superación profesional como factor clave para los profesores universitarios. *Cubana de Educación Superior*, 38(3), 1-18. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-431420190003000003&lng=es&tln=pt

Carmenate Figueredo, O., Pupo Feria, C., & Herrera Toscano, J.A. (2019). Propuesta de acciones para la reconversión agroecológica de una finca en el municipio Las Tunas. *Coodes*,7(2), 264-274. <http://coodes.upr.edu/cu/index.php/coodes/article/view/233>

Carter, R. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*, 94, 1- 38.

Casimiro Rodríguez, L. & Casimiro González, J. A. (2017). Agricultura familiar a pequeña escala en la economía cubana. *Temas*, 89-90, 59-66.

Casimiro, J. A. (2014). Con la familia en la finca agroecológica. Reflexiones de un hombre enamorado de su tierra, su agua y su familia. Medellín, Colombia: Cubasolar. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia34/HTML/articulo08.htm>

Contino Esquijerosa, Y., Iglesias Gómez, J. M., Toral Pérez, O. C., Blanco Lobaina, J., González Novo, M., Caballero Grande, R. & Perera Concepción, E. (2018). Adopción de nuevas prácticas agroecológicas en tres unidades básicas de producción cooperativa. *Pastos y Forrajes*, 41(1), 56-63.

Cruz Cabrera, L., Vecino Rondon, U., Pérez García, W., Cánova Herrandiz, A., Echevarría Quintana, J. & Betancourt Bagué, T. (2020). Gestión eficiente desde un Arreglo Productivo Local: experiencia en el sector agropecuario. *Ingeniería Industrial*, XLI(1), 1-12.

Dexter, A.R. (2004). Soil physical quality. Part I. Theory, effect of soil texture, density and organic matter, and effect on root growth. *Geoderma*, 120, 195-201.

FAO. (2019). Los 10 elementos de la agroecología guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. Italia.

Funes Aguilar, F. (2017). Reseña sobre el estado actual de la agroecología en Cuba. *Agroecología*, 12(1), 7-18.

Funes Monzote, F. R. (2018). Integración agroecológica y soberanía energética. *Agroecología*, 12 (1), 57-66.

González Pérez, Y., Álvarez Marqués, J. L., & Rodríguez Jiménez, S. (2022). Caracterización de una Finca Familiar campesina en Transición Agroecológica. *Científica Agroecosistemas*, 10(2), 116-122. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

Nicholls, C. I.; Henao, A. & Altieri, M. A. (2017). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7-31

Oropesa Casanova, K., Wencomo Cárdenas, H. B. & Miranda Tortoló, T. (2021). Sustentabilidad de los sistemas productivos desde un enfoque multifactorial en el contexto cubano. *Pastos y Forrajes*. 44: eE08, 1-10.

- Pozo, P. P. (2019). Los sistemas silvopastoriles. Una alternativa para el manejo ecológico de los pastizales: Experiencias de su aplicación en Cuba. *Cuadernos de Agroecología*, 14(2), 1-14. <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2539>
- Sánchez Marañón, M.. (2002). Soil quality in Mediterranean mountain environments: effects of land use change. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 945-952.
- Sarandón, S. J. & Flores, C. C. (2019). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata, Argentina: EDULP.
- Silva Santamaría, L. & Ramírez Hernández, O. (2017). Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Pajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Luna Azul*, 44, 120-152
- Vecino Rondan, U., Pérez García, W., & Cánova Herranz, A. (2021). Vínculo universidad - unidad cooperativa: experiencia desde un arreglo productivo local. *Universidad y Sociedad*, 13(1), 227-234.

EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIDIARREICA DEL GUAYTEVET EN MODELO DE DIARREA INDUCIDA CON ACEITE RICINO EN RATONES

EVALUATION OF THE ANTIDIARRHEAL ACTIVITY OF GUAYTEVET IN A CASTOR OIL-INDUCED DIARRHEA MODEL IN MICE

Alejandro Rodríguez Suárez¹

E-mail: alejandro.rodriguez@cfg.labiofam.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7402-3470>

Dayamí León Naves¹

E-mail: dayami.leon@cfg.labiofam.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7124-7807>

Caridad C. Rodríguez Torres²

E-mail: caridadrt@infomed.sld.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1454-5904>

¹Departamento de I+D+i Empresa LABIOFAM Cienfuegos.

²Departamento de Investigaciones Toxicológicas. UEB laboratorio de Control de la calidad. Empresa Productora de Vacunas Virales y Bacterianas (EPVVB). Grupo Empresarial LABIOFAM. La Habana.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Suárez, A., León Naves, D., Rodríguez Torres, Caridad C. (2022). Evaluación de actividad antidiarreica del GuayteVet en modelo de diarrea inducida con aceite ricino en ratones. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 175-181. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Las plantas medicinales constituyen una valiosa alternativa terapéutica y su validación científica es una necesidad. Para el ensayo se emplearon ratones hembras de 6-7 semanas, pertenecientes a la línea OF1, un peso entre 25-30 g. Formaron tres grupos experimentales de cinco animales cada uno. Las sustancias suministradas por vía oral mediante canulación intragástrica y 30 min después se administró 0,5 mL de aceite de ricino a los grupos Control negativo y GuayteVet. En el fondo de cada caja se colocó papel para facilitar la observación y conteo de heces (sólidas, semisólidas y diarrea) durante tres horas. Concluido el estudio los animales fueron sacrificados por dislocación cervical. El GuayteVet mostró disminución y retardo en la aparición de deposiciones sólidas y semisólidas respecto al control negativo y control blanco, tras la primera hora de administrado el aceite de ricino. Durante la segunda hora, el número de deposiciones diarreicas fue similar al control negativo y se apreció un incremento respecto a la primera hora post tratamiento. Durante la tercera hora, las diarreas en el grupo GuayteVet fueron 1,77 veces inferiores a las del control negativo, representa una inhibición de las diarreas en un 43,75 % respecto al control negativo. El efecto antidiarreico del GuayteVet a las tres horas fue 2,72 veces superior al comportamiento observado a las dos horas post tratamiento.

Palabras clave:

Plantas medicinales, diarrea, aceite de ricino.

ABSTRACT

Medicinal plants constitute a valuable therapeutic alternative and their scientific validation is a necessity. For the test, 6–7-week-old female mice, belonging to the OF1 line, weighing between 25-30 g, were used. They formed three experimental groups of five animals each. The substances were administered orally by intragastric cannulation and 30 min later 0.5 mL of castor oil was administered to the Negative Control and GuayteVet groups. Paper was placed at the bottom of each box to facilitate observation and counting of feces (solid, semisolid, and diarrhea) for three hours. At the end of the study, the animals were sacrificed by cervical dislocation. GuayteVet showed a decrease and delay in the appearance of solid and semi-solid stools compared to the negative control and white control, after the first hour of castor oil administration. During the second hour, the number of diarrheal stools was similar to the negative control and an increase was observed with respect to the first hour after treatment. During the third hour, diarrhea in the GuayteVet group was 1.77 times lower than that of the negative control, representing a 43.75% inhibition of diarrhea compared to the negative control. The antidiarrheal effect of GuayteVet at three hours was 2.72 times higher than the behavior observed two hours after treatment.

Keywords:

Medicinal plants, diarrhea, castor oil.

INTRODUCCIÓN

Según Pérez, et al., (2008) Las plantas medicinales constituyen una valiosa alternativa terapéutica y su validación científica es una necesidad. La seguridad de uso y eficacia de una planta no se puede limitar al conocimiento popular, porque cada parte tiene múltiples principios activos con actividad biológica, significativamente capaces de producir efectos tóxicos. Es por ello que para su correcto uso en el tratamiento de diferentes afecciones debe ser exclusivamente con un conocimiento científico acerca de su posible toxicidad y su actividad farmacológica.

También Midence y Mendoza, (2015), aseguran que los productores ganaderos han utilizado los fitofármacos durante decenios, como una alternativa para mejorar la salud de los animales, y de esta forma incrementar las producciones. La Fitoterapia consiste en el empleo de extractos vegetales en el tratamiento de diversas enfermedades tanto en humanos como en animales. Además, el uso de los medicamentos fitoterápicos está direccionado a cubrir la demanda del mercado, donde se está haciendo cada vez más frecuente el uso de productos inocuos, con cero residualidad en carnes y otros derivados de la producción ganadera. Además, resulta evidente las ventajas que ofrece la utilización de estos productos al no presentar riesgo ambiental y evitar la farmacoresistencia desarrollada por agentes microbianos ante el uso indiscriminado de productos alopatícos.

Algunos autores como Hernández, et al., (2018), afirman que los principios activos que se encuentran presentes en la mayoría de las plantas son los responsables de la actividad sanadora de las mismas, permitiendo la recuperación clínica de animal enfermo.

Los fitofármacos han ido ganando relevancia en los últimos años, reconociéndose como una alternativa eficiente y eficaz, sin embargo, su aplicación no se encuentra ampliamente extendida. El rango de acción de estos productos en la medicina veterinaria es muy amplio. Existen investigaciones que evidencian la efectividad de diferentes plantas en el tratamiento de trastornos gastrointestinales, de piel, nerviosos, con efecto antibiótico, antiinflamatorio, antiparasitario interno y externo, entre otros (Bezerra, 2010).

La guayaba (*Psidium guajava* L.), es una planta de porte arbustivo que crece silvestre en toda Cuba y es originaria del trópico y subtropical americano. Esta se puede encontrar en bosques húmedos o secos, pastos y bosquesillos puros del árbol. Así como en plantaciones comerciales en zonas cálidas de África y Asia hasta 1 800 msnm. También es frecuente en la región de Florida, México, América Central, Costa Rica y Panamá, naturalizado en los trópicos del Viejo Mundo. (Cáceres, 1996).

Según Jimena (2018) la guayaba pertenece a:

Reino: Vegetal

División: *Spermatophyta*

Subdivisión: *Angiospermas*

Clase: *Dicotyledonea*

Orden: *Mirtales*

Suborden: *Myrtaneae*

Familia: *Myrtaceae*

Género: *Psidium*

Especie: *guajava* L

Nombre científico: *Psidium guajava* L.

Plantea Alonso (2004), que dentro los principales componentes de las hojas del guayabo se encuentran taninos (9-10 %), grasa (6 %), β -sitosterol, ácido maslínico y elágico, aceite esencial (0,1-0,3 %), triterpenoides (β -cariofileno, β -bisaboleno, aromandreno, cineol, eugenol) ácidos orgánicos (oleanólico, ursólico, cratególico y guayavólico), flavonoides derivados de quercetina como guayaverina (3-alfa arabopiranosido) y avicularina (3-arabinósido).

La conocida acción antidiarreica de *P. guajava* ha sido confirmada por numerosos estudios (Echemendía y Morón, 2004; Silva, et al., 2020). La actividad de esta planta contra el síndrome diarreico, según Cáceres (1996), se atribuye a las quercetinas presentes en las hojas y corteza, que tienen una acción antisecretora en la liberación de acetil colina e inhibidora del peristaltismo intestinal, que no es reversible por naloxona. Afirman Alonso (2004); Bermúdez, et al., (2019), que la alta presencia de taninos es la responsable de conferirle propiedades antidiarreicas a la planta, además tiene actividad farmacológica demostrada como antibacteriano, anti VIH, antioxidante, antiespasmódica, antiinflamatorio, antianémica, hemostática y sedante.

El Llantén mayor (*Plantago major* L.) es una hierba perenne y de fácil localización que presenta una altura de 15-30 cm. Su ciclo de vida oscila entre 6 – 7 meses. El tallo es un rizoma de color amarillo que mide aproximadamente 15 cm de longitud, las raíces son de tamaño uniforme de color blancas. Las hojas son de color verde, glabras con una longitud de 50 cm y 20 cm de ancho, ovaladas, las cuales se insertan al tallo por el peciolo. Nacen del suelo de forma vertical y en roseta, con margen liso, los peciolos miden 15 cm y son lisos. (Palacios y Proaño, 2018)

El llantén mayor se encuentra distribuido en casi toda Europa, África del norte, Asia occidental y América del Norte; en América Latina, desde México hasta Colombia, incluyendo Costa Rica. *Plantago major* L. es una planta muy común y fácil de hallar en zonas de pastos, laderas, cerca de cultivos y en los bordes de caminos (Torres, 1997).

Según Marroquín, (2014), el Llantén mayor se encuentra ubicado taxonómicamente en:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Asteridae*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Plantaginaceae*

Género: *Plantago*

Especie: *major*

Nombre científico: *Plantago major* L.

Las investigaciones realizadas sobre *P. major* han indicado la presencia de mucílago, taninos, flavonoides, (apigenina, baicaleína, luteolina, escutelarina, hispidulina), rutina, cumarinas, un glucósido cromogénico iridoide denominado aucubósido (aucubina) y otro glucósido llamado catapol, ácidos orgánicos (benzoico, cinámico, fumárico, clorogénico, gentísico, salicílico) y alcaloides (indicaína, plantagonina, noscapida). Además de otros componentes como esencias, resinas, esteroides, bases aminadas y compuestos azufrados. (Jiménez y Garro, 2017; Castillo y Martínez, 2016).

La aucubigemina es el principio activo de mayor relevancia; proviene de sustancias inactivas como polímeros de este compuesto y de la aucubina. En el proceso de catabolismo de esta sustancia, por hidrólisis, se forma un dialdehído que actúa como bactericida, ya que desnaturaliza las proteínas de ciertos microorganismos. (Ecoaldea, 2004). Durante la infusión o decocción esta enzima se destruye por efecto de la temperatura, impidiéndose la hidrólisis de la aucubina y la liberación del principio activo. (Fonnegra y Jiménez, 2007).

Varias acciones de esta planta son importantes en este contexto, entre ellas, la acción astringente, la antimicrobiana, la antiinflamatoria y la cicatrizante. La actividad antiinflamatoria se ha relacionado con los iridoide heterosídicos (aucubósido) y los derivados del ácido caféico, como el plantamajósido y el actósido. La aucubigemina es el principio responsable de la actividad antibacteriana, esta sustancia es liberada por una α -glucosidasa, que actúa sobre las proteínas de los microorganismos por lo que posee propiedades antibacterianas (Castillo y Martínez, 2016). La actividad antidiarreica se encuentra representada por la presencia de taninos, pues estos tienen la posibilidad de unirse y precipitar proteínas presentes en las secreciones intestinales. (Lasa, et al., 2010). La actividad sanadora de *P. major* no se amerita a un solo compuesto, sino a la interacción de varios; los efectos son producto de la acción en conjunto de distintas sustancias y de su regulación mutua (Berit, 2000).

Plantea Dos Santos, (2000), que la diarrea se puede definir como la presencia de heces líquidas y abundantes que reflejan una pérdida absoluta de agua y solutos en el material fecal y que puede conducir a la deshidratación, desbalance ácido-básico y pérdida notable de electrolitos. Esta patología puede estar originada por múltiples causas, como lo son infecciosas, tóxicas, alimentarias o por factores de manejo o medioambientales, pero su ocurrencia siempre debe considerarse una interacción multifactorial entre las posibles etiologías.

La ocurrencia de enfermedades gastroentéricas, afirma Rodríguez (2015), se revierte en considerables pérdidas económicas por incremento en la tasa de mortalidad, retardo en el crecimiento, pobre conversión alimenticia y por los costos en medicación. Son múltiples los tipos de agentes que pueden producir diarrea, entre ellos se encuentran virales, parasitarios y bacterianos, de allí que se trazan estrategias para su prevención partiendo de un diagnóstico eficaz. Una de las medidas más importantes para prevenir las diarreas es mantener la limpieza adecuada en los espacios que albergan los animales. (Pérez, 2019).

El Grupo Empresarial LABIOFAM tiene dentro de su misión el desarrollo y registro sanitario de medicamentos de uso veterinario para mejorar el estado de salud de los animales. Para dar cumplimiento al desarrollo y producción de productos naturales para el tratamiento de diversas afecciones en diferentes especies, la empresa LABIOFAM Cienfuegos ha desarrollado el producto natural GuayteVet, para contrarrestar afecciones del tracto digestivo; las diarreas de modo particular.

El GuayteVet es un antidiarreico oral de uso veterinario, obtenido a partir de extractos fluidos de *P. major* y *P. guajava*, empleados por sus efectos antidiarreico, hemostático, astringente y antimicrobiano con fines terapéuticos para procesos gastroentéricos y diarreas con sangre. Este bioproducto se presenta como una solución de color ámbar oscuro, olor característico y de un sabor amargo al paladar.

Objetivo: Determinar el efecto antidiarreico del GuayteVet en el modelo de diarreas inducidas por aceite de ricino en ratones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Laboratorio del Centro de estudio para las Investigaciones y Evaluaciones Biológicas (CEIEB) perteneciente al Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL) en el período comprendido entre los meses de diciembre del 2020 y enero del 2021.

Datos sobre la instalación donde se realizó el estudio

El ensayo se realizó en el cubículo de experimentación animal del área Biológica del centro. Dicho cubículo presenta cobertura lavable (pintura epóxica) en las paredes, con rodapiés sanitarios, condiciones climatizadas por aire acondicionado centralizado con filtro HEPA, controles de humedad y controles para los ciclos luz-oscuridad. También se empleó el local de bioquímica.

Animales

El ensayo se realizó en una especie roedora (ratón), empleando animales de 6-7 semanas de edad, con un peso entre 25-30 g, pertenecientes a la línea OF1, hembras, procedentes del Centro para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB) y con certificado de salud.

Los animales se mantuvieron en condiciones de cuarentena y aclimatación a una temperatura de 20 ± 4 °C, un fotoperiodo de 12 horas, y una humedad relativa de 70 ± 5 %, según lo establecido. El acceso al agua y la comida (dieta convencional de laboratorio para la especie) fue ad libitum.

Método

Se desarrolló la metodología descrita por Awouters, et al., (1978), el cual emplea al aceite de ricino como inductor de diarrea.

Los animales se mantuvieron en ayunas 18 h antes del experimento y se les suministró agua según sus necesidades.

Los ratones fueron separados en tres grupos experimentales de cinco animales cada uno ($n=5$). Todas las sustancias fueron suministradas por vía oral mediante canulación intragástrica y 30min después se administró 0.5mL de aceite de ricino a los grupos Control negativo y GuayteVet, como se muestra en la tabla 1.

En el piso o fondo de cada caja se colocó papel para facilitar la observación y conteo de las heces (heces sólidas,

heces semisólidas y diarreas) por un período de 3 horas. El papel fue cambiado cada hora.

Concluido el estudio los animales fueron sacrificados por dislocación cervical, según lo referido para la especie. (European Commission Guidance Document, 2010).

Procesamiento estadístico de los datos

Para el procesamiento de los datos se estimaron parámetros descriptivos como media y desviación estándar y la diferencia estadística entre los grupos evaluados se realizaron mediante la prueba t Student previo a una homogeneidad de varianza según Prueba F.

El nivel de significación establecido fue de $\alpha=0,05$.

Descripción de la dosis, vía de administración y duración del ensayo

Se formaron tres grupos experimentales de 5 animales cada uno: control blanco (agua destilada), control negativo (agua destilada y aceite de ricino) y GuayteVet con aceite de ricino, como se puede apreciar en la Tabla 1. Los animales fueron pesados antes de la aplicación del producto. La administración por vía oral se realizó mediante canulación intragástrica.

Tabla 1. Descripción de dosis y grupos de tratamiento

Grupo	Tratamiento	Volumen administrado/30g de peso (mL)	Aceite de ricino (mL)
Control blanco	Agua destilada	0,5	-
Control negativo	Agua destilada	0,5	0,5
GuayteVet	GuayteVet	0,5	0,5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo empleado, bajo las condiciones experimentales en que se trabajó, resultó efectivo teniendo en cuenta que hubo modificación en la cantidad y características físicas de las heces en los grupos que recibieron aceite de ricino como inductor de diarrea, no siendo así en el grupo

control blanco; donde como era de esperarse se observó un 100% de heces duras. Las características físicas de las heces, así como la cantidad de las mismas fueron variando en el transcurso del tiempo. Estos resultados se pueden apreciar en la Tabla 2 y en la Figura 1.

Tabla 2. Efecto antidiarreico del GuayteVet sobre la diarrea inducida por aceite de ricino en ratón

Grupo de tratamiento	Tipo de Deposiciones y cantidad de las mismas								
	1 hora			2 horas			3 horas		
	HS	HSS	D	HS	HSS	D	HS	HSS	D
Control Blanco	5,2 ± 0,83	0,0 ± 0,0 ***	0,0 ± 0,0 ***	4,8 ± 1,30 **	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 ***	3,2 ± 0,84 **	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 ***
Control Negativo	4,4 ± 0,89	5,2 ± 0,83	3,0 ± 0,70	0,0 ± 0,0	1,0 ± 1,41	8,0 ± 1,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	6,4 ± 1,14
GuayteVet	1,6 ± 1,14 **	0,6 ± 0,55 ***	0 ± 0,00 ***	1,6 ± 1,14 ***	4,0 ± 0,71 *	9,8 ± 1,92	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	3,6 ± 1,34 *

Leyenda: HS, heces sólidas; HSS, heces semisólidas, D, diarreas

Valores expresados como Media ± DE; *($p < 0,05$); **($p < 0,01$); ***($p < 0,001$); $n=5$

El GuayteVet mostró una disminución significativa ($p < 0,05$) y retardo en la aparición de las deposiciones sólidas y semisólidas respecto al grupo control negativo y control blanco (Tabla 2) tras la primera hora de haberse administrado el aceite de ricino. Durante la segunda hora el número de deposiciones diarreas fue similar al grupo control negativo y se apreció un incremento respecto a la primera hora post tratamiento. Durante la tercera hora, las diarreas en el grupo GuayteVet fueron 1,77 veces inferiores a las del grupo control negativo, lo que representa una inhibición de las diarreas en un 43,75 % respecto al control negativo. El efecto antidiarreico del GuayteVet a las tres horas fue 2,72 veces superior al comportamiento observado a las dos horas post tratamiento.

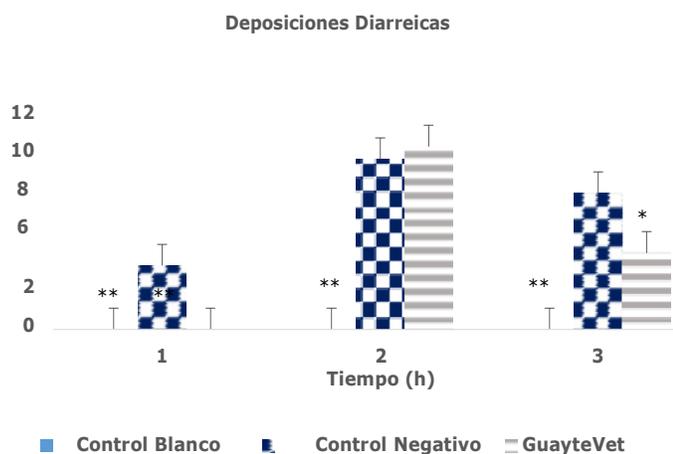


Figura 1. Efecto antidiarreico del GuayteVet en el modelo de diarrea inducida con aceite de ricino. Los resultados representan la media \pm DE; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$ comparado con el grupo control negativo. $n = 5$

El aceite de ricino induce diarreas mediante diferentes mecanismos como lo son, la alteración de la permeabilidad de la mucosa, por inhibición de la actividad de la ATPasa $Na+K+$ intestinal, por la estimulación de la producción de óxido nítrico y la secreción de adenil atociclase de las células epiteliales, así como la formación de prostaglandina. (Bhandare, et al., 2010; Hossain, et al., 2009).

El aceite de ricino entre sus componentes tiene el ácido ricinoleico, su componente más activo, el cual produce irritación e inflamación de la mucosa intestinal a través de la liberación de prostaglandinas, la reducción de la absorción de los fluidos y una consecuente inducción de diarreas. (Mein, et al., 2005).

Con la administración del GuayteVet se alcanzaron resultados positivos, los cuales evidencian que este producto es capaz de actuar sobre el tracto digestivo disminuyendo las defecaciones diarreas. Se considera que estos efectos del GuayteVet están dados por la acción de la mezcla de los extractos naturales que lo componen (*Plantago major* L. y *Psidium guajava* L.), los cuales contienen metabolitos secundarios con actividad biológica sobre el tracto gastrointestinal.

La presencia de taninos en *Psidium guajava* L. pudiera ser beneficiosa, según los reportes antidiarreicos y promotores del crecimiento en animales de granja. Este

metabolito polifenólico posee propiedades antiinflamatorias y astringentes en la mucosa del tracto gastrointestinal, lo que resulta efectivo en casos de diarreas o cólicos, además posee efecto vasoconstrictor, antioxidante y antibacteriano contra cepas de enterobacterias. (Pérez, Mitchell y Vargas, 2008). Tanto la quercetina como la quercetina-3arabinósido, serían responsables de la actividad antidiarreica atribuida a esta especie, la cual se ha comparado a la ejercida por difenoxilato. Las quercetinas presentes principalmente en hojas y corteza, ha demostrado una definida acción antisecretora de la producción de acetil colina la cual se llevaría a cabo a través del bloqueo de los canales de calcio o por inhibición del sistema enzimático que relaciona la síntesis de prostaglandinas con la liberación de acetilcolina (estimulante de la musculatura lisa del intestino y de otros músculos lisos de contracción involuntaria). (Alonso, 2004).

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los obtenidos por Cáceres (1996), cuando comparó la actividad antidiarreica de una preparación oral de hojas de guayaba con suspensión de Caolín y pectina en un grupo de pacientes menores de 5 años y entre 20-40 años con diagnóstico de diarrea aguda. Los pacientes presentaron resultados positivos, pues se apreció que el número de casos mejorados o curados fue siempre mayor al 70% independientemente de la terapia empleada, lo que sugiere que el efecto es en el mejor de los casos semejante.

Igualmente, Echemendía y Morón, (2004), realizaron un ensayo clínico (EC) fase II, con tintura de hojas de *Psidium guajava* L. en pacientes con diarrea aguda simple. La dosis seleccionada para administrar en este ensayo clínico fue equivalente a 6 g/día de hojas secas (85 mg/kg considerando un peso promedio por paciente de 70 kg). Los pacientes fueron asignados al grupo tratado (tintura de *P. guajava* al 20 %) o al grupo control (tintura al 1%). Participaron pacientes de 15 a 60 años de ambos sexos cuyo motivo de consulta fue presentar diarrea, con un tiempo de evolución no mayor de 48 h previas a la consulta, con el diagnóstico médico de diarrea aguda simple.

Los resultados obtenidos en este ensayo clínico demuestran que a las 24, 48 y 72 h de comenzado el tratamiento se produjo un mayor número de pacientes curados en el grupo que recibió tintura de hoja de *P. guajava* al 20 % que en los tratados con la tintura de hoja de *P. guajava* al 1 % que a los efectos de esta investigación fue considerado el grupo placebo. Fueron registrados como curados, a las 16, 24 h, 7 pacientes con la tintura al 20 % para el 14 % y mejorados 43 casos para el 86 %, sin embargo, con tintura al 1% no se informaron altas a las 24 h de iniciado el tratamiento.

Las investigaciones realizadas sobre *Plantago major* han revelado la presencia de mucílagos, pectinas, flavonoides, taninos, entre otros que le confieren actividad antidiarreica. (Mostacero, et al., 2011).

Estos resultados constituyen una evidencia de que el GuayteVet es una formulación a partir de fuentes naturales, para uso veterinario que puede contribuir a mejorar

las afecciones del tracto digestivo de las especies de destino.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones experimentales en que se realizó el ensayo se pudo concluir que el producto natural de uso veterinario GuayteVet posee actividad antidiarreica en el modelo de diarreas inducidas con aceite ricino en ratones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. (2004). Tratado de Fitofármacos y Nutracéuticos. Argentina. Editorial CORPUS. 570-575.
- Awouters, F., Niemegeers, C.J., Lenaerts, F.M., y Janssen, P.A. (1978). Delay of ricino oil diarrhea in rats: A new way to evaluate inhibitors of prostaglandin biosynthesis. *J Pharm Pharmacol.* (30), 41–45.
- Berit A. (2000). The traditional uses, chemical constituents and biological activities of *Plantago major* L. *J Ethnopharmacol.* 71 (12) ,1-21.
- Bermúdez, V. MJ., Granados, Ch. F., Molina, A. (2019). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Psidium guajava* and *Cymbopogon citratus*. *Agronomía Mesoamericana.* 30(1), 147-163. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i1.33758>
- Bezerra, P. (2010). Contribuição ao estudo químico, bromatológico e atividade biológica de ANGICO *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan. Var. cebil (Gris) Altus e Pereiro *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (Tesis de maestría). Universidade Federal de Campina Grande.
- Bhandare, A.M., Kshirsagar, A.D., Vyawahare, N.S., Hadambar, A.A., Thorve, V.S., (2010). Potential analgesic, anti-inflammatory and antioxidant activities of hydroalcoholic extract of *Arecacatechu* L. nut. *Food-Chem Toxicol.* (48), 3412-3417.
- Cáceres, A. (1996). Plantas de uso Medicinal en Guatemala. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Castillo, E. y Martínez, I. (2016). Manual de Fitoterapia (2a ed.). Barcelona. ELSEVIER.
- Dos Santos, J.L. (2000). Diarreas en suinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, (29) ,2043-2051.
- Echemendía, C. y Morón, F. (2004). Tintura de hojas de *Psidium guajava* L. en pacientes con diarrea aguda simple. *Rev Cubana Plan tMed*,9(3), 112-124.
- Ecoaldea. (2004). Llantén o Plantago. <http://www.ecoaldea.com/plmd/llanten.htm>
- European Commission Guidance Document. (2010). National Competent Authorities for the implementation of Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes. A working document on the development of a common education and training framework to fulfil the requirements under the Directive. Brussels.
- Fonnegra, R. y Jiménez, S. (2007). Plantas medicinales aprobadas en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.
- Hernández, J., Zaragoza, A., López, G., Peláez, A., Olmedo, A. y Rivero, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico veterinario*, 8(1), 14-27.
- Hossain, M.M, Biva, I.J., Jahangir, R., Vuiyan, M.I. (2009). Central nervous system depressant and analgesic activity of *Aphanamixis polystachya* (Wall.) parker leaf extract in mice. *Afr J Pharmacol.* (3), 282-286.
- Jimena, C.C. (2018). Caracterización morfológica de árboles nativos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en el municipio de pitalito, huila Colombia. (Proyecto de investigación). Colombia
- Jiménez, Q.K., Garro, M.G. (2017). Establecimiento de callogénesis somática en *Plantago major* e identificación de compuestos con actividad biológica. *Tecnología en Marcha*, 30 (1), 38-48.
- Lasa, J., Mantecón, C. y Gómez, M. (2010). Utilización de taninos en la dieta de rumiantes. Sitio argentino de producción animal. http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/33-taninos
- Marroquín, N. (2014). Muplam. <http://www.muplam.org/wp-content/uploads/2014/11/Plantago-majorLlant%C3%A9n.pdf>
- Mein, E.A., Richards, D.G., McMillin, D.L., Nelson, C. D. (2005). Transdermal absorption of castor oil. *Evid. Based Integr. Med*, 2, 239-244.
- Midence, M. A. y Mendoza, M. A. (2015). Presencia de *Coccidiosis* en terneros de seis a un mes de edad en fincas piloto de la comunidad Valle La Primavera, Trapichito, municipio de León, departamento de León, en el período comprendido de agosto a septiembre del 2015. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua.
- Mostacero, J., Castillo, F., Mejía, F., Gamarra, O., Charcape, J., Ramírez, R. (2011). Plantas Medicinales del Perú: Taxonomía, Ecogeografía, Fenología y Etnobotánica. Editorial Asamblea Nacional de Rectores.

- Palacios, K.P y Proaño, L.D. (2018). Comparación del efecto cicatrizante de los extractos hidroalcohólicos de escancel (*Aerva sanguinolenta* L) y llantén (*Plantago major* L.) en animales de experimentación. (Tesis de Grado). Universidad de Guayaquil.
- Pérez, C. MA. y Villagómez, C. JA. (2019). Manual de procedimientos para el área de maternidad de la granja porcina “La Esperanza”, ubicada en San Sebastián Zinacatepec, Puebla, 37-38.
- Pérez, M. M., Jiménez, E.E., Boffill, C.M., González, D.M., Méndez, T.R. y Verdecía, M. B. (2008). Toxicidad aguda de un extracto acuoso de *Boldoa purpurascens* Cav. en el modelo de sube y baja en ratas. *Rev Cubana Plant Med*,13(2).
- Pérez, R.M., Mitchell, S. y Vargas, R. (2008). *Psidium guajava*: A review of it straditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 117(1), 1-27.
- Rodríguez, P. (2015). Eficacia de tres antihelmínticos frente a *Macracanthorhynchus hirudinaceus* en cerdos de crianza privada. VI Seminario Internacional de Porcicultura Tropical.
- Silva, V.M., Bañuelos, V.R., Delgadillo, R.L., Gallegos, F.P., Meza, L.C., Valladares, C. B., y Echavarría, Ch. F. (2020). Caracterización química de extracto alcohólico de hoja de guayaba (*Psidium guajava*) y su efecto como inhibidor de movilidad para *Escherichia coli* O157:H7. *Abanico Veterinario*, 10, 1-13. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.26>
- Torres, J. M. (1997). Plantaginaceae: *Plantago major* L. p.18-19

María Elena Estrada Martínez
E-mail: mestrada@umet.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7128-3958>
Universidad Metropolitana del Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Estrada Martínez, M.E. (2022). Principales insectos plaga del maíz (*zea mays*, l.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 182-191. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En Ecuador, el maíz (*Zea mays*, L.) representa uno de los productos agrícolas más importantes para la economía y la identidad nacional. Esta gramínea es atacada por diferentes organismos que provocan severos daños y afectan el rendimiento agrícola e industrial del cultivo. En el presente trabajo se presentan los resultados de una investigación documental basada en la búsqueda de información sobre aspectos de interés científico-técnico como la biología, daños y métodos para el control de las principales especies de insectos plaga del maíz en el campo.

Palabras clave:

Biología, daños, control, maíz.

Abstract

In Ecuador, corn (*Zea mays*, L.) represents one of the most important agricultural products for the economy and national identity. This grass is attacked by different organisms that cause severe damage and affect the agricultural and industrial yield of the crop. This article presents the results of a documentary research based on the search for information on aspects of scientific-technical interest such as biology, damage and methods for the control of the main species of corn pest insects in the field.

Keywords:

Biology, damage, control, corn.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*, L.) es uno de los principales granos alimenticios que se consumen a nivel mundial y es de gran importancia económica por ser alimento humano, animal, como fuente de numerosos productos industriales y más recientemente es utilizado para la producción de etanol.

En el mundo, el cultivo del maíz es afectado por insectos cuyos daños provocan pérdidas agrícolas y en los granos almacenados. Entre las principales especies de insectos plagas del maíz se encuentran: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Diatraea saccharalis* (Fabricius), *Mocis latipes* (Guenée), *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre, 1827), *Ostrinia nubilalis* (Hubner, 1796), *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1805), *Hylemya platura* (Meigen, 1826), *Nicentrus testaceipes* (Champion, 1908), *Mythimna unipuncta* (Haworth, 1809), *Diabrotica virgifera* (LeConte, 1868), *Chaetocnema pulicaria* (F. E. Melsheimer, 1880), *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc., *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Macrodactylus* spp., *Melanoplus* spp., *Schistocerca* spp., *Sphenarium* spp., *Frankiniella* sp., *Elasmopalpus angustellus* (Blanchard), *Melanotus* spp y *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Santiago, 2019).

En Ecuador los principales insectos plaga que afectan al cultivo del maíz son el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), el barrenador del tallo *Diatraea* spp y el falso medidor *Mocis latipes* (Guenée). Además, se presentan plagas secundarias y potenciales como *Heliothis* spp, *Agrotis* spp, *Aphis* spp, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller), *Gryllotalpa* sp, *Phyllophaga* sp, *Diabrotica* sp, *Aeolus* sp y *Colaspis* sp. que igualmente pueden ocasionar daños al cultivo y causar pérdidas económicas.

El presente trabajo se enmarca en una investigación teórica fundamentada en la búsqueda de información sobre la biología, daños y métodos para el control de las principales especies de insectos plaga del maíz en el campo en Ecuador.

DESARROLLO

Principales insectos plaga del maíz (*Zea mays*, L.) en el campo

Nombre científico: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Nombre común: gusano cogollero del maíz u oruga militar tardía

Biología: La hembra adulta oviposita durante la noche en la superficie axial y abaxial de las hojas de la planta. Los huevos son depositados en capas superpuestas donde el número oscila entre 50 y 300 huevos por puestas. La mariposa puede ovipositar hasta 1500 huevos. Los huevos son de color blanco perla y se encuentran protegidos por una telilla algodonosa (Figura 1 A).

El desarrollo embrionario dura de dos a tres días de acuerdo a la temperatura ambiental. Las larvas son de color pardo oscuro y presentan tres rayas longitudinales (Figura 1 B). La duración de la fase larval varía de 10 a 21 días y estas diferencias se deben a la cantidad y calidad del alimento consumido durante esta fase del ciclo biológico de la plaga. La especie presenta de seis a siete estadios larvales. Cuando la larva está próxima a pasar al estado de pupa busca el suelo para preparar su cámara pupal y se transforma en pupa, estado que dura de siete a 10 días (Figura 1 C). Los adultos vuelan con facilidad durante la noche y su longevidad puede variar entre 14 y 21 días. Durante el día, las mariposas permanecen escondidas debajo de las hojarascas, entre las malezas o en sitios sombreados mientras que en la noche son activas y pueden desplazarse a varios kilómetros de distancia (Figura 1 D) (García y Tarango, 2009).



Figura 1 A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *S. frugiperda*

Daños: Las plantas de maíz son susceptibles de ser atacadas por el cogollero durante su desarrollo vegetativo. Las larvas recién eclosionadas se alimentan del corión y luego raspan el tejido foliar (Figura 2 A). A partir del segundo o tercer estadio las larvas se alimentan del cogollo y perforan las hojas tiernas (Figura 2 B). Cuando las larvas se alimentan en el punto de crecimiento (cogollo) producen un tipo de daño característico que consiste en una fila de perforaciones, lo que se conoce como daño en ventana. Los últimos estadios larvales son muy voraces

y pueden provocar la defoliación completa de la planta; estos estadios pueden cortar las plantas a nivel del suelo durante la noche. Las larvas también se alimentan de los granos de maíz y las panojas tiernas (Figura 2 C). En general el cogollero causa daños como trozador de plantas, como defoliador y como masticador de granos. Una infestación no controlada de la plaga puede ocasionar una reducción del rendimiento del 13 al 60% debido a la pérdida del área foliar y a un retraso o inhibición de la inflorescencia (Castellanos *et al.*, 2015).

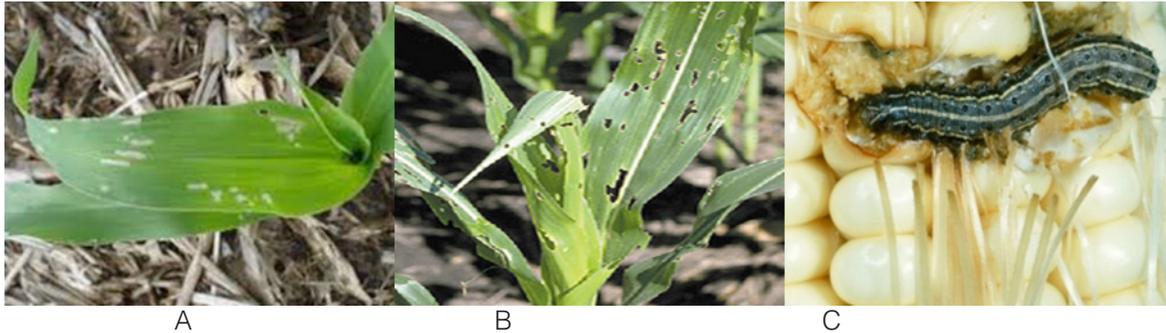


Figura 2. A. Daño en las hojas. B. Daños en las hojas y cogollo, C. Daños en la mazorca provocados por las larvas de *S. frugiperda* en el maíz
Métodos para el control: El monitoreo temprano de la plaga permite un control más efectivo y económico de la misma, sin embargo, en Ecuador, se han utilizado extractos del árbol del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) para disminuir

las poblaciones de la palomilla del maíz (Valarezo *et al.*, 2008)

Existen numerosas especies de insectos benéficos asociadas al control de *S. frugífera* (Hernández *et al.*, 2018), no obstante, en Ecuador son escasos los trabajos publicados sobre el control biológico del gusano cogollero.

Nombre científico: *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae)

Nombre común o vulgar: barrenador del tallo del maíz

Biología: Los huevos son depositados en masa de 17 a 26 huevos/masa, son ovalados y de color blanco-amarillento.

(Figura 3 A). El desarrollo embrionario dura alrededor de siete días en dependencia de la temperatura. Las larvas eclosionan al octavo día, inicialmente presentan una coloración blanca cremosa y finalmente son de color marrón oscuro. (Figura 3 B). La especie presenta seis estadios larvales y el período larval puede durar de 45 a 50 días. La fase de pre-pupa dura alrededor de dos días mientras que las pupas pueden durar de 10 a 15 días (Figura 3 C). Los adultos son de color pajizo (Figura 3 D), las mariposas machos son ligeramente más oscuras que las hembras y pueden vivir de 2,7- 2,9 días los machos y de 3,8 – 3,9 las hembras. El ciclo biológico de *D. saccharalis* en condiciones de laboratorio varía de 45,8 a 51,6 días como promedio (Zárate *et al.*, 2016)

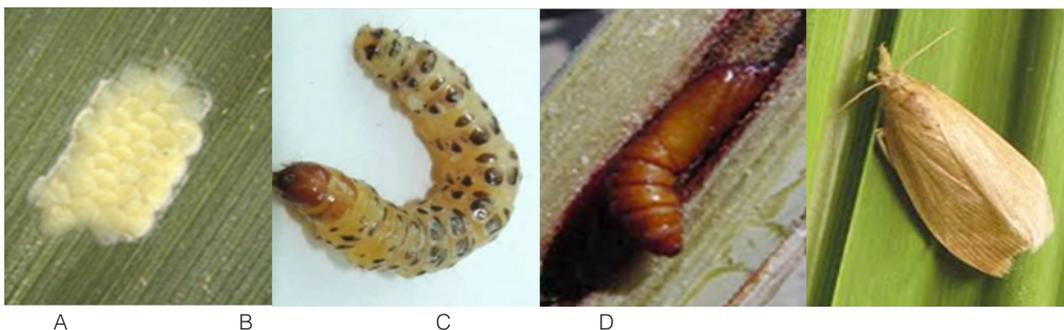


Figura 3 A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *D. saccharalis* en el maíz

Daños: Cuando la planta es joven, las larvas recién eclosionadas se alimentan del tejido foliar. Si la planta se encuentra en estado vegetativo avanzado, las larvas se introducen entre las vainas y el tallo, provocan el desprendimiento o el secado prematuro de las hojas. Las larvas más desarrolladas perforan el tallo (Figura 4). El hábito barrenador produce daño fisiológico al disminuir el flujo de agua y nutrientes de la planta y a su vez produce un daño mecánico que consiste en la fractura del tallo y la caída de espigas que conlleva a pérdidas en los rendimientos del cultivo. La presencia de un orificio o entredado barrenado por tallo genera una disminución de 2 a 2,5 quintales por hectárea. Por otra parte, la fecha de siembra no modifica la relación daño-rendimiento, por lo que la función de daño es válida tanto para siembras tempranas como tardías (Serra y Trumper, 2020)



Figura 4. Daño provocado por las larvas de *D. saccharalis* en el tallo de maíz

Métodos para el control: Según Mendoza (1994), en Ecuador se recomienda el control cultural basado en la destrucción de rastrojos, la rotación de cultivos, la asociación de cultivos, una adecuada preparación del suelo, las siembras tempranas y la eliminación de plantas altamente infestadas o muertas. El mismo autor señala el control químico mediante insecticidas aplicados a la semilla y al follaje de la planta, así como el control biológico mediante parasitoides y depredadores de la plaga.

Nombre científico: *Mocis latipes* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae)

Nombre común o vulgar: falso medidor o gusano ejército

Biología: Los huevos son colocados en grupos de 40 a 60 cerca de la vena central en la superficie abaxial de la hoja. Los huevos son de forma ligeramente elíptica con estrías longitudinales de un extremo a otro. (Figura 5 A) y el período de incubación dura aproximadamente entre cuatro y cinco días. La especie presenta seis estadios larvales con una duración de 12 a 15 días. Las larvas presentan sólo tres pares de patas falsas por lo que se desplazan arqueando su cuerpo (Figura 5 B). La coloración de las larvas varía según el tipo de alimento ingerido. Las larvas empupan en la misma planta entre dos hojas entretrejidas o en una hoja doblada sobre las hojas, confeccionan un capullo sedoso donde transcurre el desarrollo pupal que dura de cinco a siete días (Figura 5 C). Las pupas son de forma obtecta, recién formadas son de color verdoso y próximas a convertirse en adultos son de color café. Los adultos presentan alas de color parduzco (Figura 5 D) y tienen una longevidad de ocho

a diez días y en condiciones de laboratorio, las hembras pueden ovipositar como promedio hasta 400 huevos. La duración del ciclo de vida puede variar entre 30 y 40 días en dependencia de las condiciones ambientales (Paliz y Mendoza, 1999).

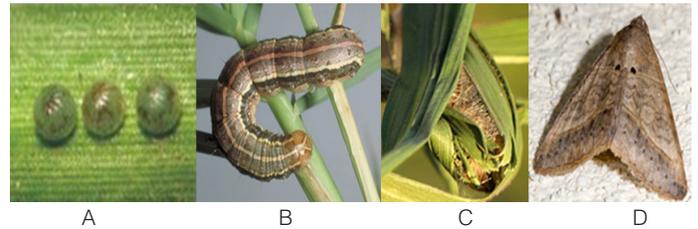


Figura 5: A. Huevo, B. Larva, C. Capullo, D. Adulto de *M. latipes*

Daños: Es una plaga que puede atacar cualquier fase del ciclo vegetativo o reproductivo del cultivo del maíz puede ser atacada por el gusano falso medidor. El primer estadio larval se alimenta del parénquima de la hoja y deja la epidermis traslúcida con aspecto de manchas blanquecinas. Las larvas del segundo y tercer estadio consumen la superficie foliar y provocan orificios de forma irregular. Las larvas del cuarto y quinto estadio son las más voraces porque se alimentan de todo el follaje hasta dejar solamente la nervadura central de la hoja. (Paliz y Mendoza, 1999) (Figura 6)



Figura 6. Daño provocado por la larva de *M. latipes* en la hoja de maíz

Métodos para el control: La eliminación de las malezas hospederas presentes alrededor y en el interior del cultivo de maíz y el control químico mediante la aplicación de insecticidas han sido los métodos más utilizados para el control del gusano falso medidor en Ecuador (Mendoza, 1994).

Nombre científico: *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae)

Nombre común o vulgar: gusano elotero, gusano de la mazorca, gusano del choclo

Biología: Los huevos son de color blanco cremoso y se tornan negros antes de la eclosión de las larvas, tienen forma esférica y presentan estrías longitudinales desde la base hasta el ápice (Figura 7 A). El período de incubación de los huevos oscila entre dos y cinco días. Las larvas presentan diferentes coloraciones, así la larva recién eclosionada es de color blanco con la cabeza negra mientras que el último estadio presenta coloraciones rosadas, verdes, amarillas y grises con la cabeza de color

ámbar, castaños oscuros y claros y gris oscuro. En todos los casos las larvas presentan una banda blanca longitudinal, lateral (Figura 7 B). La especie presenta de cinco a seis estadios larvales y este número varía de acuerdo a las localidades donde se desarrolla el cultivo (Zúñiga et al., 2011). La duración del ciclo larval en condiciones naturales registra un promedio de 17,3 días. Cuando la larva ha completado su desarrollo deja de alimentarse, baja al suelo donde se entierra para formar la celda pupal. Las pupas son obiectas, primero de color rojizo y luego de color marrón oscuro, se encuentran enterradas en el suelo y duran entre 10 y 14 días (Figura 7 C). Los adultos de *H. zea* presentan las alas anteriores de color café claro y con una mancha negra pequeña ubicada en la parte superior de la misma y una banda oscura en el margen lateral (Figura 7 D).

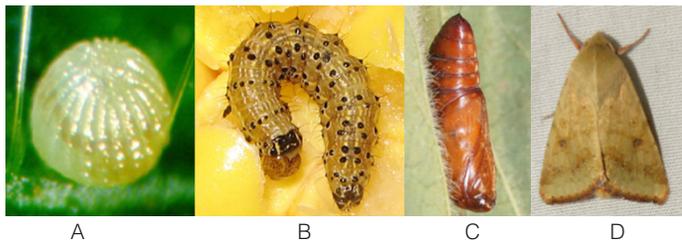


Figura 7. A. Huevo, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *H. zea*

Daños: Las hembras de *H. zea* depositan los huevos en forma aislada preferentemente sobre los estigmas turgentes de la mazorca de maíz y las larvas recién eclosionadas migran rápidamente hacia la mazorca donde se alimentan de los estigmas internos. El resto de los estadios larvales se alimenta de los granos de la mazorca de maíz desde la punta hasta la base de la misma (Figura 8). El principal daño que ocasiona esta plaga es la destrucción de los granos. Las perforaciones en la mazorca y la acumulación de excrementos de las larvas, favorecen el desarrollo de microorganismos que provocan la pudrición de la mazorca (Tulli et al., 2016)



Figura 8. Daño provocado por la larva de *H. zea* en la mazorca de maíz
Métodos para el control: Es necesario realizar un monitoreo continuo y minucioso en el cultivo para detectar de manera oportuna la presencia de la plaga antes de que las larvas penetren en los granos de la mazorca de maíz.

Como alternativa para el control de *H. zea*, en Ecuador se han evaluado extractos foliares de las especies vegetales, *Schinus molle* (L.) y *Artemisia absinthium* (L.) con

efectos repelentes y tóxicos en la plaga (Guevara et al., 2018)

Nombre científico: *Agrotis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae)

Nombre común o vulgar: gusano cortador, gusano trozador

Biología: Las hembras ovipositan en la superficie abaxial de las hojas, en el suelo o en la base de la planta. Los huevos son esféricos con estrías y de color blanquecino (Figura 9 A). El período de incubación de los huevos oscila de cuatro a seis días. Las larvas son cilíndricas, gruesas, de color gris con franjas longitudinales más claras y presentan cinco pares de falsas patas abdominales poco desarrolladas (Figura 9 B). Esta especie presenta de seis a siete estadios larvales y esta fase dura de 25 a 35 días de acuerdo a las variaciones de la temperatura (Amate et al., 2000) La pupa de esta especie se forma en el suelo a pocos centímetros de profundidad. Las pupas son de color castaño rojizo (Figura 9 C) y la duración de la fase pupal es de 12 a 15 días. Los adultos (Figura 9 D) poseen alas anteriores oscuras con una banda clara paralela y próxima al margen externo, las alas posteriores son más claras. Los adultos requieren de cuatro a cinco días para madurar sexualmente y ovipositar.

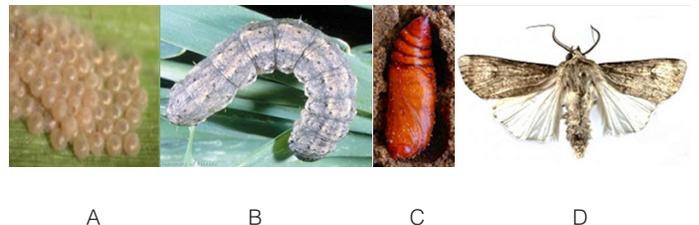


Figura 9. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *Agrotis* spp

Daños: Los daños son ocasionados por las larvas debido a su actividad alimentaria (Figura 10). Las larvas cortan la planta o la dañan severamente en el cuello y provocan un stress hídrico que detiene el desarrollo de la planta y la producción de maíz es nula. Cuando las plantas son jóvenes (desde nacimiento hasta 4 hojas verdaderas) y las larvas presentan un cuarto estadio o mayor, el daño en la planta tiene una repercusión económica. Sin embargo, cuando la planta tiene mayor número de hojas verdaderas y un desarrollo radicular, el daño producido por las larvas no tiene una consecuencia económica.



Figura 10. Daño provocado por la larva de *Agrotis* spp en el tallo de la planta de maíz

Métodos para el control: La importancia del control biológico de los insectos plagas del cultivo del maíz ha sido una adecuada preparación del suelo permite exponer las

larvas y pupas de la plaga a la acción de los depredadores como las aves; además, la eliminación de malezas antes de la siembra del cultivo, así como la aplicación de insecticidas, contribuyen a disminuir los niveles poblacionales de la plaga.

Nombre científico: *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae)

Nombre común o vulgar: perforador menor del tallo, barrenador menor del maíz

Biología: Las hembras ovipositan en la base del tallo de las plantas jóvenes, en hojas inferiores y en la superficie del suelo. Los huevos son semi-esféricos, recién ovipositados son de color blanco amarillento y próximos a la eclosión de las larvas presentan una coloración rojiza (Figura 11 A). El período de incubación de los huevos varía de tres a siete días. Las larvas son de color verde grisáceo o verde azulado oscuro y presentan líneas longitudinales pardas u oscuras en la región dorsal (Figura 11 B). La fase larval dura como promedio 15 días. El número de estadios larvales varía de acuerdo a las condiciones climáticas. La especie presenta de cinco a seis estadios larvales. Para empupar, las larvas abandonan el tallo de la planta y las pupas se forman en la superficie del suelo o en las hojarascas, dentro de una cámara pupal fabricada con residuos de cosecha. Las pupas verdes y se tornan de color marrón dentro del capullo (Figura 11 C) y tienen una duración de 12 a 15 días. Los adultos son mariposas pequeñas con alas anteriores de color oscuro en las hembras que son más claras en los machos y con márgenes grisáceos manchas oscuras en los machos (Figura 11 D). La longevidad de los adultos es de alrededor de 12 días y las hembras pueden ovipositar como promedio 124 huevos (Rázuri, 1974)

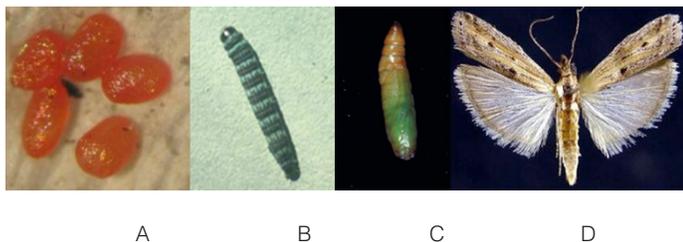


Figura 11. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *E. lignosellus*

Daños: Las hembras ovipositan en la base de las plantas jóvenes, las larvas recién eclosionadas se alimentan de las hojas y las larvas más desarrolladas descienden al suelo y perforan el tallo aproximadamente a dos cm por debajo del nivel del suelo; construyen galerías longitudinales ascendentes que provocan la destrucción del punto de crecimiento (Figura 12). Si la planta es joven quiebra debido a este daño, pero si la planta es desarrollada su epidermis es más resistente y la larva no produce galerías internas, solamente daña a la planta a nivel del cuello lo que aumenta la susceptibilidad al vuelco por el viento o por el propio peso de la planta.



Figura 12. Daño provocado por la larva de *E. lignosellus* en el tallo de maíz

Métodos para el control: La eliminación de residuos de cosecha, la preparación adecuada del suelo y la rotación de cultivos son métodos que permiten controlar las larvas del barrenador menor del tallo del maíz en Ecuador. (Arias *et al.*, 1996)

Nombre científico: *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphidae)

Nombre común o vulgar: pulgón verde del maíz, pulgón del cogollo del maíz

Biología: Según Etcheagaray (1975), la especie presenta adultos ápteros de color verde-azulado a verde grisáceo y los adultos alados son de color verde-amarillento a verde oscuro. La reproducción es partenogenética cíclica donde los machos son escasos. Las hembras son vivíparas y procrean entre 40 y 60 ninfas en un período de 20 a 30 días. Las ninfas (Figura 13 A) y adultos (Figura 13 B) se alimentan de la savia de la planta. En bajas poblaciones, el insecto permanece confinado en colonias dentro del cogollo de la planta. A medida que la población aumenta, el insecto se presenta en todas las partes de la planta.

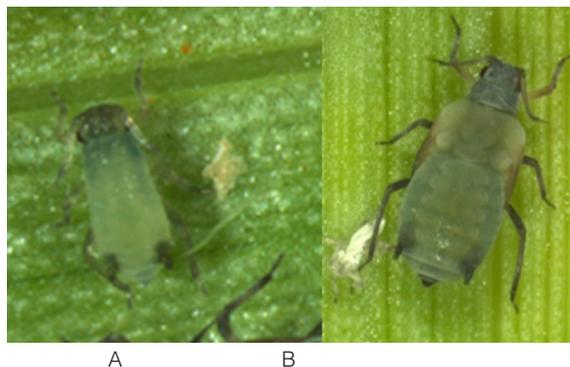


Figura 13. A. Adulto áptero, B. Ninfa de *R. maidis*

Daños: Las ninfas y los adultos producen daños directos debido a su alimentación por extracción de la savia. Provocan marchitamiento, enrollado de las hojas (Figura 14 A) y retardo del crecimiento de las plantas jóvenes. Estos insectos excretan una sustancia azucarada que favorece el desarrollo de un hongo saprófago (fumagina) que perjudica la actividad fotosintética de la planta (Figura 14 B). En general no provoca daños de importancia económica, aunque se les considera transmisores de virus.

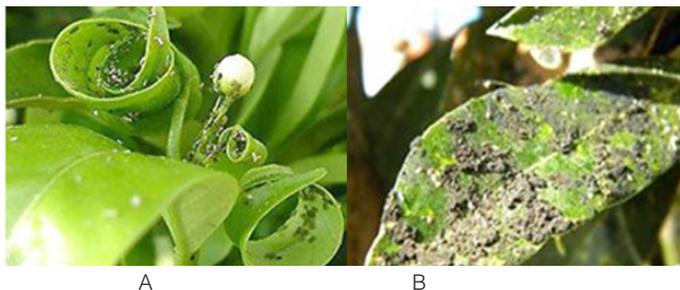


Figura 14. Daños provocados por *R. maidis* en el maíz. A. Enrollado de la hoja, B. Fumagina

Métodos para el control: Según Mendoza, (1994) para el control de *R. maidis*, se puede utilizar el manejo integrado basado en la eliminación de las malezas hospederas de plaga, aplicación de insecticidas químicos y conservación de enemigos naturales como depredadores de las familias Coccinellidae y Chrysopidae.

Nombre científico: *Colaspis* sp (Coleoptera: Chrysomelidae)

Nombre vulgar: Catarina del maíz, gusano esqueletizador

Biología: La hembra oviposita alrededor de 75 huevos en el suelo, individualmente o en masas, a una profundidad de 10 a 20 cm, cerca de las raíces de la planta de maíz. Los huevos son de color blanco cremoso y tienen un período de incubación de seis a nueve días. Las larvas son de color amarillo claro (Figura 15 A), duran un promedio de 22 días y se alimentan de las raíces de la planta (Paliz y Mendoza, 1999) Las larvas se transforman en pupas en el suelo, este estadio dura siete a 10 días. El adulto emerge en el suelo y vuela hacia las hojas de la planta donde se alimenta de sus tejidos tiernos. Los adultos son de color café pálido y pueden vivir hasta 35 días (Figura 15 B)



Figura 15. A. Larva, B. Adulto de *Colaspis* sp

Daños: Los daños son ocasionados principalmente por las larvas que, al alimentarse de las raíces, reducen la cantidad de agua y nutrientes absorbidos por la planta y disminuyen la tasa de transpiración (Paliz y Mendoza, 1999). Las plantas presentan un síntoma típico de marchitez, con enrollamiento característico de las hojas que provoca un retardo en el crecimiento de la planta que afecta la producción de mazorcas e incluso puede ocasionar su muerte. El adulto es conocido como “esqueletizador” por el raspado que ocasiona en las hojas al alimentarse, siendo muy agresivos ya que en poblaciones muy altas destruyen el 33 % del follaje del maíz (Figura 16)



Figura 16. Daño ocasionado por el adulto de *Colaspis* sp en las hojas de maíz

Métodos para el control: En Ecuador se utilizan labores culturales como la fertilización oportuna y adecuada, la eliminación de residuos de cosecha y de plantas hospederas y la aplicación de insecticidas químicos (Paliz y Mendoza, 1999).

Nombre científico: *Diabrotica* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae)

Nombre común o vulgar: gusano alfilerillo

Biología: Las hembras ovipositan de 600 a 800 huevos en el suelo cerca de la planta. Los huevos son de color blanco y se tornan de color amarillo café al finalizar el período de incubación que dura de seis a ocho días. Las larvas son de color blanco cremoso (Figura 17 A) y el desarrollo de esta fase del ciclo biológico ocurre en tres estadios larvales con una duración de 15 a 20 días. Las larvas se alimentan de las raíces de la planta de maíz hasta transformarse en pre-pupa y luego en pupa, estadio que puede durar de seis a 10 días. Los adultos son escarabajos con élitros de color amarillo con manchas de color café oscuro (Figura 17 B) y puede vivir de 20 a 70 días (Cabrera *et al.*, 2020). El ciclo biológico dura de 42 a 45 días a una temperatura de 21°C.



Figura 17. A. Larva, B. Adulto de *Diabrotica* sp

Daños: Los daños ocasionados por *Diabrotica* sp en edades tempranas de la planta pueden requerir la resiembra del cultivo debido al alto porcentaje de mortalidad de las plantas. Sin embargo, cuando ataca en etapas más avanzadas la planta se torna débil y amarillenta y muchas veces puede caerse por la falta de soporte, ya que sus raíces están dañadas o su desarrollo es pobre, e incluso presenta síntomas de deshidratación a pesar de una buena humedad. Los daños que causa esta plaga pueden diferenciarse por aquellos ocasionados por la larva y los provocados por el adulto. Las larvas se alimentan de las

raíces del maíz y de la base de los tallos. Los daños provocados por su alimentación conducen a que la planta de maíz desarrolle tallos curvos o inclinados (“cuello de ganso”), lo cual predispone a las plantas al acame (haciendo difícil su cosecha) y posible pudrición de las raíces al entrar patógenos por las heridas causadas (Figura 18). Además de ocasionar un retraso en su desarrollo por la limitada absorción de nutrimentos y agua, reducen con ello el rendimiento y tolerancia a la sequía. Los adultos suelen alimentarse de los márgenes de las hojas y llegan a perforar las hojas tiernas. El daño causado a las hojas de plantas adultas pocas veces tiene repercusiones económicas, pero esto dependerá de la intensidad del ataque, la edad de la planta y el estrés que sufra la planta al momento del ataque. Asimismo, estos insectos llegan a alimentarse de los estigmas verdes y el polen, lo que suele traer una baja polinización y como consecuencia poca formación de grano cuando existe un gran nivel de infestación por adultos (presencia de hasta 10 adultos por masa de estigmas).



Figura 18. Daño provocado por *Diabrotica sp* en el cultivo del maíz

Métodos para el control: El uso de insecticidas químicos ha demostrado el control de la plaga en Ecuador (Basantes, 2015).

Nombre científico: *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae)

Nombre común o vulgar: orozco, gallina ciega

Biología: Los adultos (Figura 19 A) son activos durante la noche, emergen del suelo y se alimentan de las hojas de arbustos y árboles donde copulan. Las hembras grávidas se entierran y ovipositan alrededor de 50 huevos cerca de las raíces de la planta. Los huevos son de color blanco perla, inicialmente de forma ovoide y posteriormente son esférico (Figura 19 B), tienen un período de incubación de aproximadamente ocho días. La especie tiene tres estadios larvales, los dos primeros estadios se alimentan de materia orgánica y raíces tiernas, mientras que el tercer estadio (Figura 19 C) se alimenta vorazmente de las raíces de la planta. La pre-pupa forma una cámara pupal elaborada con tierra y excretas donde permanecen protegidas las pupas (Figura 19 D) durante dos o tres semanas. Existen especies del género *Phyllophaga* cuyo ciclo biológico dura un año mientras que en otras especies dura dos años.

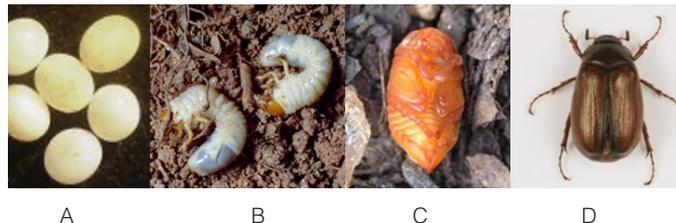


Figura 19. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *Phyllophaga* spp

Daños: Los daños son ocasionados por el tercer estadio larval y se manifiestan en campo por “parches o manchas” (Figura 20) debido a que las hembras adultas no tienen una oviposición homogénea. Las larvas se alimentan de las raíces de la planta de maíz y de las arvenses presentes en el cultivo. Cuando el daño a la raíz es severo se produce la caída de la planta que, generalmente, se encuentra en el llenado y secado del grano, por lo que las mazorcas se pudren al estar en contacto con la humedad del suelo. Si las plantas tienen mazorcas, los granos son vanos y si el daño es en la fase de espiga, ni siquiera se forman las mazorcas.



Figura 20. Daño provocado por *Phyllophaga* spp. en el cultivo de maíz

Métodos para el control: Según Quijije y Mendoza (1995), la aplicación de insecticidas químicos en la semilla de maíz, logra un control parcial y reducido de las larvas, sin embargo, los autores recomiendan el uso de trampas de luz para la captura de adultos de la plaga.

Nombre científico: *Neocurtilla hexadactyla* (Perty, 1832) (Orthoptera: Grillotalpidae)

Nombre vulgar: grillo topo, grillo de tierra

Biología: La especie presenta metamorfosis incompleta, huevo, ninfa y adulto. La hembra construye celdas en el suelo donde oviposita los huevos en grupos de 50. Los huevos son ovoides y de color blanco, tienen un período de incubación entre 14 y 21 días. *N. hexadactyla* tiene ocho estadios ninfales, las ninfas son de color marrón grisáceo, parecidas al adulto, pero con alas rudimentarias o en desarrollo. Las ninfas se alimentan de raíces y de materia orgánica en descomposición. El adulto es de color marrón claro (Figura 21) con tarsos delanteros adaptados para cavar túneles en el suelo. Los adultos vuelan para aparearse, los machos producen un sonido particular para atraer a las hembras. El ciclo de vida dura de tres a cuatro años y todos los estadios pasan la mayor parte de su vida en el suelo.



Figura 21. Adulto de *N. hexadactyla*

Daños: Las ninfas mayores y los adultos se alimentan de las raíces de la planta de maíz a veces halan la parte superior de la planta hacia el interior del túnel cavado. Pueden desraizar las plantas pequeñas y las plantas en desarrollo. Los daños tienden a ocurrir en forma de parches.

Métodos para el control: Para el reducir las poblaciones de la plaga, Quijije (1999) propuso integrar armónicamente los métodos de control cultural, físico químico, etológico, así como el uso racional de insecticidas químicos.

CONCLUSIONES

La investigación documental confirma que, en Ecuador, el cultivo del maíz es atacado por insectos plaga que se alimentan de diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas y mazorcas). Además, la descripción de la biología, daños y métodos para el control de estos organismos, resulta una información valiosa para desarrollar propuestas de manejo agroecológico que contribuyan a la protección fitosanitaria del cultivo.

En Ecuador son escasos los resultados científicos publicados sobre el manejo agroecológico de los insectos plaga del maíz, para el control de estos organismos, se utiliza fundamentalmente la aplicación de insecticidas químicos de amplio espectro y de acción rápida, sin tener en cuenta que estos agroquímicos contaminan el ambiente, eliminan enemigos naturales y polinizadores, ocasionan resistencia en los insectos plaga y afectan la salud humana.

En este contexto, sería importante desarrollar proyectos de investigaciones que comprendan entre otros, el monitoreo, las asociaciones y rotaciones de cultivos, el manejo de plantas arvenses, el uso de la lucha biológica y de variedades resistentes. De esta forma, se pudiera incrementar la productividad del cultivo y garantizar la seguridad alimentaria sin riesgos medioambientales ni para la entomofauna beneficiosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amate, J., Barranco, P., & Cabello, T. (2000). Biología en condiciones controladas de especies de noctuidos plaga (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de Sanidad Vegetal- Plagas*, 26, 193-201. https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBS-VP-26-02-193-201.pdf
- Arias, M., Mendoza, J., Valarezo, C., & Chávez, F. (1992). Tecnología disponible para la problemática entomológica en cultivos del litoral. *Boletín Técnico*, No. 69, 15 p. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2036>
- Basantes, R. (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 145 pág. ISBN: 978-9978-301-33-3. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10163>
- Cabrera, G., Ávila, C., Cabrera, N., Nava, D., de Sene, A., & Weber, D. (2020). Biology and Management of Pest Diabrotica Species in South America. *Insects*, 11(421), 1-18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7411984/>
- Castellanos, L., de Mello, R., da Silva, G., Silva, C., Fernández, O., Pereira, R., Rosatto, L., & Álvarez, R. (2015). Daños por *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz función de nitrógeno, potasio y silicio. *Revista Protección Vegetal*, 30 (3), 176-184. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n3/rpv03315.pdf>
- Etchegaray, J. (1975). Biología del pulgón amarillo, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae). *Revista Ciencia e Investigación Agraria*, 2 (3-4), 195-205.
- García, G., & Tarango, S. (2009). Manejo birracional del gusano cogollero del maíz. Folleto técnico no.30. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf
- Guevara, D. J., Araya, J. A., Huerta, A., & Chiffle, I. (2018). Extracts of *Schinus molle* and *Artemisia absinthium* against *Helicoverpa zea* on fresh ear corn in Ecuador. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences ex Agro- Ciencia*, 34(3), 216- 225. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071938902018000300216&script=sci_abstract&tlng=pt
- Hernández, A., Osorio, E., Santillán, J. A., Velasco, C., Valera, S. E., & R. Rodríguez. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Agro-productividad*, 11(1), 9-14. <https://www.cabi.org/ISC/Fu-llTextPDF/2019/20193028740.pdf>
- Mendoza, J. R. (1994). Guía para el manejo integrado de insectos plagas en maíz en el litoral ecuatoriano. *Boletín Divulgativo INIAP* 08. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1560>

- Paliz, V. N., & Mendoza, J. R. (1999). Plagas del maíz (*Zea mays*) en el litoral ecuatoriano, sus características y control. Quevedo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional de Sanidad Vegetal. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1616>
- Quijije, R., & Mendoza, J. R. (1995). El "Orozco," *Phyllophaga* spp. y su control. Boletín Divulgativo No 252. INIA- Estación Experimental "Pichilingue". https://ipmil.cired.vt.edu/wp-content/uploads/2014/10/IPM_Publications-Oct-2016.pdf
- Quijije, R. 1999. Manejo integrado de insectos plagas en cultivos de maíz, soya y arroz usando labranza mínima. Unidad de Documentación e Información Técnica Agropecuaria INIAP- Administración Central Quito- Ecuador.
- Rázuri, V. (1974). Biología y comportamiento de *Elasmopalpus lignosellus* Zeller en maíz. Revista Peruana de Entomología, 17 (1), 74-77. <https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v17/pdf/a14v17.pdf>
- Santiago, M. H. (2019). Fluctuación poblacional de insectos fitófagos y controladores biológicos en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) variedad agrocereales. Infinitum, 9 (1), 39-45. <https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/IN-FINITUM/article/view/530>
- Serra, G. V., & Trumper, E. V. (2020). Incidencia de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) sobre el rendimiento del cultivo de maíz y cálculo de los niveles de daño económico. Agriscientia, 37: 63-73. <http://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v37n1/1668-298X-agrisc-37-01-63.pdf>
- Tulli, M. C., Pascucci J. I., Vincini, A. M., Carmona, A. M., & Baquero, V. G. (2016). Bioecología de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de maíz dulce con diferente manejo de hábitat. Entomotropica, Vol 31 (3), 23-35. https://sventomologia.org/wp-content/uploads/2020/08/2016_313_23-35.pdf
- Valarezo, O., Cañarte, E., & Navarrete, J. B. (2008). El nim: insecticida botánico para el manejo de plagas agrícolas. INIAP. Boletín Divulgativo, No 336, 16 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1164>
- Zárate, L. L., Rodríguez, L. V., & Espinoza, R. R. (2016). Biología de *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) alimentado con dos tipos de *Zea mays* (L.). *Pueblo Continente*, 8(1), 85-93. <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/612/573>
- Zúñiga, A., Angulo, A., Rebolledo, R., & Navarro, M. E. (2011). *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante longitud de cápsula cefálica y distancia entre setas frontales. *Idesia*, 29(3), 83-86. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292011000300012

CARACTERIZACIÓN Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE METABOLITOS OBTENIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN SOBRE *SITOPHILLUS ORYZAE* LCHARACTERIZATION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF METABOLITES OBTAINED BY DIFFERENT EXTRACTION METHODS ON *SITOPHILLUS ORYZAE* LMichael Madruga Suárez¹E-mail: michaelmadruga0@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1099-7652>Aurora Alonso Jiménez¹E-mail: lianydiasalonso@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1132-548X>Yhosvanni Pérez Rodríguez²E-mail: yprodriguez@ucf.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>José O. Guerra de León²Email: jo@uclv.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6885-5481>¹Universidad de Cienfuegos. Facultad de Agronomía²Universidad Central Marta Abreus de las Villas

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Madruga Suárez, M., Alonso Jiménez, A., Pérez Rodríguez, Y., & Guerra de León, J. O. (2022). Caracterización y actividad biológica de metabolitos obtenidos por diferentes métodos de extracción sobre *Sitophilus oryzae* L. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 192-197. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La utilización de aceites esenciales, extractos y polvos para combatir insectos que pueden afectar indirectamente al ser humano resulta una alternativa eficaz, económica y de menor impacto ambiental que la utilización de compuestos químicos sintéticos. El estudio de estos productos se ha transformado en una de las áreas de investigación y desarrollo más importantes para muchos países, estos son extraídos de las plantas demostrando actividad insecticida y efectos protectores tan variados que van desde repelencia, inhibición de la alimentación, ovoposición, toxicidad aguda hasta la interferencia con el crecimiento y desarrollo. Debido a la diversidad de sus aplicaciones se ha hecho imprescindible su búsqueda en plantas como las de la familia *Myrtaceae*, reconocidas a nivel mundial por sus propiedades y utilización.

Palabras Clave:

Aceites esenciales, actividad biológica, extractos, polvo, *Myrtaceae*, metabolitos, *Sitophilus oryzae* L.

ABSTRACT

The use of essential oils, extracts and powders used to repel insects that can affect the human being indirectly are an effective, economic alternative and of smaller environmental impact than the use of synthetic chemical compounds. The study of these products has become one of the most important areas of investigation and development for many countries, these are extracted from the plants demonstrating insecticide activity and protective effects so varied that they go from repellency, inhibition of the feeding, ovoposition, sharp toxicity to the interference with the growth and development. Due to the diversity of their applications the search of these products in plants as those of the family *Myrtaceae* has become indispensable, globally recognized for their properties and use.

Keywords:

Essential oils, biological activity, extracts, powder, *Myrtaceae*, metabolites, *Sitophilus oryzae* L.

INTRODUCCIÓN

Comunidades enteras vieron frustradas sus posibilidades de desarrollo por los daños que ocasionaban las plagas a los cultivos, desde el mismo comienzo de la humanidad. Sin embargo, a medida que el hombre evolucionaba crecía la búsqueda de sustancias que lograran alejar a los molestos insectos.

Diversos estudios realizados en América Central muestran que el 70 % de los granos que se malogran en la etapa de almacenamiento se debe al ataque de cerca de 100 especies de insectos (Heinrichs, 2007). A nivel mundial más de 250 especies de insectos están relacionadas con los granos almacenados y de estas unas 20 tienen importancia económica, encontrándose principalmente en los órdenes *Coleóptera* y *Lepidóptera*.

Los insectos que atacan los granos almacenados tienen características propias que les distinguen y diferencian de los que se encuentran afectando la mayor parte de los cultivos en el campo. Estos son pequeños, prefieren los sitios oscuros, capaces de esconderse en grietas muy reducidas y se caracterizan por su elevada capacidad de reproducción (Pereira, 1993), (Morales, 2011).

El *Sitophilus oryzae* no se considera una plaga de importancia económica en el campo porque su verdadera importancia se encuentra en los cereales y algunos granos almacenados (Reyes, 2006). Éste al ovopositar en las semillas almacenadas y desarrollarse las larvas dentro de éstas, merman su valor comercial por el mal olor y estado de la presentación del grano, es considerado la plaga más importante en productos almacenados, cada larva destruye durante su desarrollo, entre el 50 y el 70 % del endospermo de la semilla, además de quitarle un gran porcentaje de proteínas y vitaminas a las mismas, al abrir el grano dejan el camino libre a bacterias, hongos y levaduras que se encuentran en el tracto digestivo y desechos fecales de estos artrópodos (Hong, 2018).

Durante las últimas décadas, las medidas de control sobre las plagas que atacan los granos almacenados están limitadas al empleo de productos químicos líquidos o gaseosos, que resultan nocivos para la salud de los organismos vivos y el ambiente (Machial, 2006).

El uso indiscriminado de estas sustancias químicas ha propiciado el desarrollo de especies de insectos resistentes. Las desventajas que presenta el uso de insecticidas orgánicos sintéticos en el control de plagas es cada día más evidente, ya que algunos son carcinogénicos, teratogénicos, producen esterilidad, dañan el sistema nervioso y afectan la salud de quienes los aplican o consumen alimentos con sus residuos. Además, las aplicaciones de insecticidas para el control de *S. oryzae* no han logrado la eficacia deseada dado que la larva se encuentra protegida en el interior del grano (Andrade., 2007).

Varias investigaciones han demostrado que su uso continuo e indiscriminado tiene un negativo impacto ambiental, por lo que la ciencia ha recurrido a los productos

naturales como fuente de nuevos y efectivos métodos para el control de plagas en la agricultura.

Existen plantas de diferentes familias que contienen compuestos químicos que resultan ser una excelente fuente de productos naturales biológicamente activos (Isman, 2000); (Clemente, 2003), ya que producen más de 100 000 sustancias de bajo peso molecular conocidas como metabolitos secundarios.

Las plantas utilizadas como fitoplaguicida son convenientes para proteger productos almacenados del ataque de insectos plaga, al ser menos tóxicas que los insecticidas químicos y fácilmente biodegradables (Isman, 2006).

Muchos de estos productos se encuentran en los aceites esenciales y compuestos naturales extraídos de las plantas que demuestran actividad insecticida y tienen efectos protectores tan variados que van desde repelencia (García, 2005), inhibición de la alimentación, ovoposición, toxicidad aguda e interferencia con el crecimiento y desarrollo (Belchí, 2008).

En Cuba se han evaluado especies botánicas con actividad fitoplaguicida para la síntesis de nuevos tipos de insecticidas. Entre las plantas más utilizadas se encuentran representantes de las familias Asteraceae, Apiaceae, Fabaceae, Clusiaceae, Meliaceae, Piperaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Solanaceae y Myrtaceae; las cuales poseen importantes volúmenes de aceites esenciales (Pino, 2013). Aspectos que muestran a las Myrtaceae como una nueva alternativa viable al control de plagas, con enfoque ecológico al mezclar materiales de plantas y granos para proteger a éstos durante el almacenamiento (Lee B. H., 2004); (Pérez, 2020). Dentro de esta familia están los llamados *Callistemon*, estas plantas son nativas de Australia y están ampliamente distribuidas en regiones subtropicales y tropicales, comúnmente conocido como árbol del cepillo para botellas por la semejanza de sus flores a una botella tradicional. La actividad fotoquímica y antimicrobiana de diferentes tipos de *Callistemon* se informó anteriormente, pero se sabe poco sobre la actividad biológica de estos (Shukla, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal necesario para llevar a cabo los experimentos se seleccionó en el Jardín Botánico de Cienfuegos y el Jardín Botánico de la UCLV "Marta Abreu" de forma tal que no estuviera dañado y se procesó inmediatamente para que no perdiera la frescura.

Tabla I: Materiales y equipos utilizados

Materiales y equipos	Modelo	Marca
Condensador		
Soporte universal		
Pinzas para soporte		
Balones de destilación de fondo plano	IKA	

Balones de destilación de fondo redondo	IKA	
Presillas para balones		
Vasos de precipitado		
Mangueras para la conducción del agua		
Mantas de calentamiento		
Hornilla	FRC-150	Raypa
Pipeta (25ml)		
Balanza técnica	BS 2202 S	Sartorius
Embudo separador		
Rotoevaporador	IKA RV10	
Clevenger		
Baño ultrasónico	SB-3200DT	Ultrasonic Cleaner
Soxhlet		

Tabla II: Reactivos

Reactivos	Densidad	Rango de temperatura
n-Hexano	0,66 g/ml	60-90°C
Acetato de etilo	1,49 g/ml	60-62°C
Metanol	0,81 g/ml	64-65°C

*Todos los reactivos utilizados fueron de las firmas MERCK y PANREAC

Métodos

Los métodos idóneos para realizar esta investigación fueron la extracción por arrastre con vapor de agua, técnica del soxhlet, maceración y el baño ultrasónico; escogidos por su facilidad y ser utilizados a gran escala a nivel mundial. Además, su empleo no requiere equipos modernos y sofisticados, por lo que constituyen la alternativa más barata y eficiente.

Arrastre con vapor de agua

En la destilación por arrastre con vapor de agua, la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, se coloca en un recipiente cerrado y sometida a una corriente de vapor de agua, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias muy volátiles, por ejemplo, para la perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, a la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada (Peredo-Luna, 2009). Para este trabajo se tomaron 30g de material vegetal, se colocaron en el equipo, se les dio un tiempo de 2h y después se extrajo el aceite con un gotero y una pipeta.

Soxhlet

El extractor Soxhlet o simplemente Soxhlet es un tipo de material de vidrio utilizado para la extracción de diferentes compuestos, contenidos en un sólido, a través de un

solvente a fin. El sistema de extracción Soxhlet ha sido ampliamente utilizado en la extracción de aceite, este sistema se compone de un balón donde se encuentra un solvente orgánico, que es calentado hasta ebullición, un tubo de extracción Soxhlet, donde es colocada la muestra, la cual va contenida en un cartucho de celulosa y un condensador (Peredo-Luna, 2009). Para este estudio utilizamos 25g de material vegetal, 100mL del solvente que se fuera a utilizar en cada caso y se le dio un tiempo de duración 2h y 30min.

Maceración

El proceso de **maceración** no es más que un proceso de extracción entre materias de diferentes estados físicos de sólido-líquido, en el cual los compuestos químicos de interés se encuentran en el material sólido, ya que estos poseen **solubilidad** y se usa un líquido que permita su extracción (Peredo-Luna, 2009). Para este trabajo se utilizaron 50g de material vegetal, 200mL del solvente a utilizar y se le dio un tiempo de duración de 48h de acuerdo a lo que se plantea en la literatura.

Baño ultrasónico

El principio de funcionamiento del ultrasonido, consiste en la creación de ondas de alta frecuencia en un tanque que contiene agua, las ondas de vibración se propagan uniformemente en todo el volumen del tanque, la formación de ondas de compresión y descompresión dan lugar a "microburbujas" (cavitación), que implosionan alcanzando presiones muy altas (Peredo-Luna, 2009). En este trabajo se utilizaron 50g de material vegetal, 150mL de solvente y se le dio un tiempo de duración de 15 min de acuerdo a lo que plantea la literatura.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Condiciones y requerimientos para la selección de las plantas

Para este estudio, primero se llevó a cabo una recopilación de información en disímiles artículos y tesis doctorales para de ahí hacer una selección de las 10 mejores plantas por resultados y a partir de ese momento comenzar el trabajo experimental. Para su colecta se tuvo en cuenta la época del año de acuerdo a la información encontrada en los documentos revisados, es por ello que se utilizaron hojas frescas adultas recolectadas en el Jardín Botánico de Cienfuegos, consejo popular Pepito Tey, provincia Cienfuegos y en el Jardín Botánico de la UCLV "Marta Abreu". Se tomaron muestras al azar de las diferentes especies, el material se seleccionó que no estuviera dañado y se procesó fresco. A continuación, presentamos una tabla con la relación de dichas plantas:

Tabla III: Especies botánicas de la familia Myrtaceae utilizadas en los experimentos

NOMBRES CIENTÍFICOS	FAMILIA
<i>Psidium friedrichsthalium</i> (O. Berg) Nied.	Myrtaceae
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Myrtaceae
<i>Pimenta dioica</i> (L.) MERRILL	Myrtaceae
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis)	Myrtaceae
<i>Eugenia foetida</i> Pers	Myrtaceae
<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet	Myrtaceae
<i>Eugenia asperifolia</i> O. Berg	Myrtaceae
<i>Syzygium jambos</i> . L. (Alston).	Myrtaceae
<i>Eugenia uniflora</i> L	Myrtaceae
<i>Syzygium malaccense</i> (L.)	Myrtaceae

Luego de la colecta del material según la metodología utilizada por (Hernández, 2003), se procedió al secado en una estufa de 40 a 50 °C durante 2h, cada planta por separado.

Después pasamos al proceso de molinado donde se obtuvieron partículas menores de 1mm, siguiendo lo recomendado por (Ramírez, 2005).

Al concluir el extenso trabajo de moler todas las especies, se les hizo una prueba de ensayo biológico frente a *S.oryzae* L. se realizó según lo descrito por (Chaubey, 2016), se utilizaron placas plásticas de Petri de 9cm a cada uno de ellos se le adicionó sucesivamente 5, 10, 15, 25 µL/cm², al finalizar este ensayo se tomó la decisión que las mejores plantas de acuerdo con su efecto insecticida y su influencia sobre la efectividad contra *Sitophilus oryzae* L. fueron el *Callistemon Citrinus*, *Pimenta Dioica* y *Syzygium malaccense*. Luego de seleccionadas las plantas a trabajar se comenzaron todos los análisis pertinentes mediante los métodos anteriormente mencionados.

Extracción de los aceites esenciales

Para la extracción de los aceites esenciales se utilizó un equipo Clevenger según lo establecido en la norma ISO 65-71:84 (1984), el aceite se secó sobre sulfato de sodio

anhidro y se guardó en refrigeración hasta su análisis (Sánchez, 2014).

Resultado de la extracción de *Callistemon Citrinus*

Para este trabajo nos auxiliamos del método de arrastre con vapor de agua, se realizó 1 extracción con una masa vegetal total de 30g, en un tiempo aproximado de 2h comenzando la destilación a los 18 min y se obtuvo una masa en aceite de 0.76g.

Luego del pesado de la muestra de aceite esencial obtenida se efectuó el cálculo de un rendimiento preliminar mediante la fórmula:

$$R = \frac{M1}{M2} \cdot 100$$

Donde M1: masa del aceite esencial extraído

M2: masa vegetal

Se obtuvo un rendimiento de 1.3%.

Resultado de la extracción de *Syzygium Malaccense*

Mediante el mismo método se realizó una extracción con una masa vegetal total de 30g, en un tiempo aproximado de 2h. Para esta planta no se pudo extraer aceite, se está analizando e investigando si en otras publicaciones se haya logrado obtener aceite o si es problema del método en específico o de la parte de la planta porque se sabe que el fruto si es efectivo en términos de aceites.

Resultado de la extracción del *Pimenta Dioica*

Igualmente, no auxiliamos del método anterior, se realizó 1 extracción con una masa vegetal total de 30g, en un tiempo aproximado de 2h comenzando la destilación a los 25 min y se obtuvo una masa en aceite de 0.91g, con un rendimiento de 0.57g.

Selección de los productos promisorios en base al estudio biológico

A partir de las tres plantas seleccionadas se realizaron un grupo de experimentos con 3 solventes de diferentes polaridades y los 3 métodos anteriormente mencionados, en total 27 muestras presentadas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla IV: Relación de plantas, métodos, solventes y pesos

Planta, método y solvente	Peso(g)	Planta, método y solvente	Peso(g)	Planta, método y solvente	Peso(g)
PMH1	0.88	CMH10	0.55	SMH19	0.43
PMAE2	0.66	CMAE11	3.84	SMAE20	0.49
PMM3	4.39	CMM12	4.03	SMM21	0.1
PSH4	0.28	CSH13	1.04	SSH22	0.4
PSAE5	0.43	CSAE14	5.27	SSAE23	0.14
PSM6	3.14	CSM15	1.11	SSM24	0.89
PUH7	1.09	CUH16	0.99	SUH25	0.67

P UAE8	2.15	C UAE17	3.75	S UAE26	1.05
P UM9	4.56	C UM18	2.67	S UM27	1.14

Leyenda:

P: Pimenta **M:** Maceración **H:** Hexano
C: Callistemon **U:** Ultrasonido **AE:** Acetato de etilo
S: Syzygium **S:** Soxhlet **M:** Metanol

Luego de haber obtenido los resultados de dichos experimentos, se realizó un ensayo biológico preliminar para seleccionar las muestras con mayor poder insecticida quedando solamente las presentadas a continuación:

Tabla V: Muestras promisorias a estudiar

Planta, método y solvente	Peso (g)
PMH	0.15
SUM	1.15
CSH	0.37
SSH	0.60

Determinación de perfiles cromatográficos de los productos seleccionados

A partir de las muestras anteriores se decidió hacer una determinación de los perfiles cromatográficos para tener una idea de la cantidad de componentes posibles que se podrían encontrar. Para esto nos auxiliamos de la cromatografía de capa fina (CCF) sobre soporte de aluminio, silicagel y como revelador ácido sulfúrico al 50% con posterior calentamiento.

Con motivo de que en tres de las muestras se utilizó el mismo solvente se decidió incluirlas en una misma placa para que así fuera más fácil la observación y el análisis de los resultados.



Fig. 1: Placa 1 **Fig. 2:** Placa 2 **Fig. 3:** Placa 3 **Fig. 4:** Placa 4

En la fig. 1 para la placa 1 se utilizó 1mL de metanol como fase móvil, en el perfil cromatográfico se puede apreciar que en las diferentes muestras aplicadas hay manchas muy bien definidas y que se trata de mezclas muy complejas, generando Rf mayores que corresponden a metabolitos más intensos. Para el punto 1, la mancha no corresponde a los valores de Rf entre 0,3 y 0,7, sino que tiene un valor de 0.9 que podría ser indicativo mayores concentraciones de metabolitos apolares o de metabolitos diferentes con respecto a las demás especies en estudio. Para los puntos 2 y 3 presentan Rf similares con un indicativo 0,56 y sus manchas muestran un corrimiento también similar, en el origen aún queda muestra a pesar del corrimiento grande que se observa.

En la fig. 2 para la placa 2 se utilizó 1mL de cloroformo como fase móvil, en el perfil cromatográfico se evidencia que en las diferentes muestras aplicadas hay manchas muy bien definidas y que aún sigue siendo una muestra muy compleja. En este caso podemos decir que hay manchas desde el punto de aplicación hasta el frente de solvente, interfiriendo en el cálculo de los Rf haciéndolo complejo.

En la fig. 3 para la placa 3 se utilizó 1mL de acetato de etilo como fase móvil, en el perfil cromatográfico se evidencia que las manchas no están del todo definidas, con este solvente se observan la diversidad de colores y el corrimiento grande hacia el frente de solvente.

En la fig. 4 para la placa 4 se utilizó 1mL de metanol como fase móvil, en el perfil cromatográfico podemos observar que aún quedan algunos colores que sobresalen; pero en este caso en específico las tres muestras corrieron directamente hacia el frente de solvente, imposibilitando el cálculo de los Rf dado que está por encima de 0.7 el poder de elusión de la fase móvil.

Leyenda:

Punto 1: CSH
Punto 2: SSH
Punto 3: PMH

Para el caso de la muestra que se realizó con metanol, también se sometió al mismo procedimiento del análisis cromatográfico aumentando en cada placa la polaridad.



Fig. 5: Placa 5 Fig. 6: Placa 6 Fig. 7: Placa 7 Fig. 8: Placa 8

Para las cuatro placas en general, podemos decir que el cálculo de los Rf se vio dificultado porque en todas las placas las manchas eluyeron en forma de franja, donde a medida que se aumentaba la polaridad esta mancha se corría hacia el frente de solvente y disminuía el color del punto de aplicación.

Leyenda:

Punto 1: SUM

CONCLUSIONES

- Se establecieron las condiciones para la obtención de los extractos, obteniendo 27 extractos con características repelentes.
- Se seleccionaron los productos promisorios, de 27 extractos, 4 de ellos fueron los de mejores resultados siendo ellos PMH, SUM, CSH y SSH.
- A pesar de ser mezclas extremadamente complejas, los mejores resultados de la CCF fueron en la placa 3 que corresponde al acetato de etilo y en la placa 4 con metanol.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade. (2007). Toxicidad de polvos de canelo (*Drimys winteri* J. R. et G. Forster) contra *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY bajo condiciones de laboratorio.
- Belchí, M. D. (2008). Toxicidad volátil de monoterpenoides y mecanismos bioquímicos en insectos plaga del arroz almacenado. Universidad de Murcia.
- Chaubey, K. M. (2016). Insecticidal activities of *Cinnamomum tamala* (Lauraceae) essential oil against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) . *J. Entomol*, 91-98.
- Clemente, S. M. (2003). Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas.*, 1-8.
- García, M. D. (2005). Toxic and repellent effects of *Bacharis salicifolia* essential oil on *Tribulium Castaneum*. *Pest Management Science*, 612-618.
- Heinrichs, E. (2007). Plantas alelopáticas .
- Hernández, D. L. (2003). Actividad antidermatofítica in vitro de aceites esenciales. . *Revista cubana de plantas medicinales*.

Hong, K. L. (2018). First confirmation of the distribution of rice weevil, *Sitophilus oryzae*, in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 69-75.

Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 603-608.

Isman, M. B. (2006). Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. *Naturally Occurring Bioactive Compounds, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.*, 29-44.

Lee, B. H. (2004). Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against tree major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research*, 553-564.

Machial, M. I. (2006). Esticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. *Naturally Occurring Bioactive Compounds*.

Morales, R. (2011). Evaluación de follaje de tres especies arbóreas nativas sobre *Sitophilus oryzae* L. en trigo almacenado.

Peredo-Luna, H. A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción . *Temas selectos de ingeniería de los alimentos*.

Pereira, F. (1993). Conservación y protección de los granos almacenados. *Manual de manejo postcosecha de granos a nivel rural*.

Pérez, Y. (2020). Diez especies de Myrtaceae como alternativa para el control de *Sitophilus oryzae* L. en semillas de *Zea mays* L.

Pino, O. S. (2013). Plant secondary metabolites as alternatives in pest management II: An overview of their potential in Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 95-108.

Ramírez, S. (2005). Plantas con acción repelente e inhibitoria de la reproducción de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera; Bruchidae).

Reyes, V. (2006). Efectos de residuos de plantas sobre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae).

Sánchez, P. Y. (2014). Composición química del aceite esencial de *Piper hispidum* Sw. y actividad antimicrobiana sobre *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson. *Revista de Protección Vegetal*, 185-191.

Shukla, R. S. (2012). Antifungal, aflatoxin inhibition and antioxidant activity of *Callistemon lanceolatus* (Sm.) Sweet essential oil and its major component 1,8-cineole against fungal isolates from chickpea seeds. *Food Control*, 28.

OBTENCION DE UNA MUESTRA EN AUDITORIA A TRAVES DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN ENTIDADES DEL SECTOR AGRICOLA UTILIZANDO MICROSOFT EXCEL

OBTAINING AN AUDIT SAMPLE THROUGH STATISTICAL METHODS IN ENTITIES OF THE AGRICULTURAL SECTOR USING MICROSOFT EXCEL

Andy-Gleen Cueto Herrera¹.

E-Mail: glenn80@nauta.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8793-8154>

Mairela Godoy Hernández².

E. Mail: mairela.godoy@contraloria.gob.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9134-1729>

Ridelio Miranda Pérez³.

E-mail: rmiranda@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5344-9950>

¹UEB Frutas Selectas, Cienfuegos, Cuba

²Contraloría Provincial, Cienfuegos, Cuba

³Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cueto Herrera, A. G., Godoy Hernández, M., Miranda Pérez, R. (2022). Obtención de una muestra en auditoria a través de métodos estadísticos en entidades del sector agrícola utilizando Microsoft Excel. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 198-209. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El muestreo estadístico es una herramienta que puede elevar la efectividad del trabajo de los auditores en el cumplimiento de sus funciones. Estas, sin embargo, son poco usadas en la Unidad de Auditoría Interna (UAI) de la Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos. En este trabajo se muestra que la mayoría de los auditores se sienten incapacitados para hacerlo por sí solos, y en su lugar aplican métodos no estadísticos, más sencillos, pero que no garantizan la representatividad de los elementos inspeccionados y en consecuencia afectan la objetividad de los resultados. Con vistas a resolver estas deficiencias, en este trabajo se propone un procedimiento basado en cuatro pasos fundamentales, acompañado de una explicación detallada de cómo proceder para su aplicación práctica, las que se ilustran a partir de una situación tomada de un problema real. Adicionalmente se diseña una herramienta computacional sobre Microsoft Excel que facilita a los auditores la implementación del procedimiento propuesto.

Palabras clave:

Muestreo estadístico, auditoría, agricultura.

ABSTRACT

Statistical sampling is a tool that can increase the effectiveness in the work of auditors in the performance of their duties. These, however, are little used in the Internal Audit Unit (UAI) of the Provincial Delegation of Agriculture in Cienfuegos. This article shows that most auditors feel incapable of doing it on their own, and instead apply simpler, non-statistical methods. These do not guarantee the representativeness of the inspected elements and consequently affect the objectivity of the results. With the aim to resolving these deficiencies, this work proposes a four steps procedure, accompanied by a detailed explanation of how to proceed for its practical application, which are illustrated using data of a real situation problem. Additionally, a computer tool on Microsoft Excel is designed, which facilitates the auditors the implementation of the proposed procedure.

Keywords:

Statistical sampling, auditing, agriculture.

INTRODUCCIÓN

La agricultura, es posiblemente la actividad económica más antigua del mundo, y ha sido, es y será la fuente fundamental de alimentos para el hombre y de materias primas para la industria. La actividad agrícola ha evolucionado a la par con el desarrollo de la sociedad, pasando de una actividad muy rudimentaria en la antigüedad a una actividad que incluye la introducción y aplicación de los más novedosos avances de la ciencia y la tecnología moderna, en aras de satisfacer la demanda siempre creciente de alimentos y materias primas requeridas por la sociedad. Cuba, beneficiada por su posición geográfica, ha sido siempre un país eminentemente agrícola, cuya actividad fundamental fue por mucho tiempo la agricultura cañera. Sin embargo, a partir de la situación económica que ha enfrentado el país, primero durante el período especial en los años 90, y luego debido al aislamiento económico y a los efectos del bloqueo económico, comercial y financiero que implementa el gobierno de Estados Unidos contra Cuba, el país se vió forzado a realizar una transformación de su modelo de desarrollo agropecuario, como alternativa para acabar con la dependencia existente de la importación de alimentos, insumos y tecnologías. Altieri, (2009), Funes-Monzote, (2009), Machín, (2010) García, (2014). Las bases para esta transformación están sentadas en el programa de soberanía alimentaria y seguridad alimentaria y nutricional. GO ordinaria. No77 (2022).

Este programa se sustentaba en la capacidad de Cuba para la agricultura sostenible, que incluye entre sus quehaceres la responsabilidad ambiental, y pretende que la población cubana acceda a una alimentación balanceada, nutritiva e inocua, producida fundamentalmente en sus propios campos y ciudades, tomando en cuenta también su efecto multiplicador, encadenamiento productivo-valor y dinamizador directa e indirectamente, con los diversos sectores que conforma la estructura de la economía del país. Con este programa se hacen realidad las palabras de Fidel en la clausura del Encuentro Técnico Nacional en el salón de actos del INRA el 20 de Julio de 1963 cuando planteaba

“(…) ¡Hay que lograr un salto de calidad en la agricultura, para que la agricultura no sea un sector de la producción que no aporte a la economía, que incluso le esté costando a la economía, y se convierta la agricultura en un sector de la economía nacional que aporte al país! (...) en la agricultura está la base de nuestro desarrollo, y tenemos muy buenas condiciones para el desarrollo de esa agricultura, entre otras la circunstancia de la forma en que se hizo la reforma agraria, y que permite la disponibilidad de grandes y magníficas extensiones de tierra para desarrollar grandes planes dentro de las mejores condiciones técnicas, incluso una buena organización de los pequeños agricultores, para incorporarlos a ellos también a esos planes de desarrollo de nuestra economía (...)” Castro (1963).

Sin embargo, la agricultura no logra aún satisfacer las necesidades de la población, entre otras causas, debido al sobredimensionamiento de las estructuras, la no separación de las funciones estatales de las empresariales, así como el exceso de intermediarios que abandonaron la misión de producir y contribuyeron al encarecimiento de los costos, así como la baja productividad de las diferentes formas productivas, la poca introducción de la ciencia y la técnica, y las deficiencias en el uso y tenencia de la tierra.

Sobre la base de estos elementos, y tomando en cuenta el difícil escenario económico actual, marcado por el recrudescimiento del bloqueo y el impacto de la pandemia de la COVID-19, y tomando en cuenta la política económica y social del PCC y la revolución, los principios del Plan Nacional de Desarrollo hasta 2030, y el inicio de la Tarea Ordenamiento. GO ordinaria No.34 (2017), PNUD (2019), GO Extraordinaria No.68 (2020), la dirección del país está implementando, con la participación de productores, expertos y directivos del sector, un conjunto de 63 medidas para concretar las directrices del programa alimentario y el de incrementar la producción de alimentos, dinamizar el sector agrícola y satisfacer las demandas no cubiertas de productos agrícolas, 30 de las cuales se consideran prioritarias y algunas de implementación inmediata.

La implementación efectiva de estas medidas, depende, fundamentalmente, de la disciplina, el control y el rigor con que se apliquen, bajo el principio del mejoramiento de los indicadores productivos. Para comprobar la correcta aplicación de estas medidas el gobierno cubano implementa diferentes alternativas de control, tales como: las visitas gubernamentales a las provincias o sectores específicos, visitas de intercambio y asesoramiento de los ministerios, controles de los gobiernos provinciales, y controles de las delegaciones territoriales de la agricultura en las diferentes provincias y auditorías. De ellas, la auditoría permite revisar con mayor profundidad las estrategias y medidas que ejecutan las empresas y logran un mejor control financiero y de su gestión. Además, la auditoría permitirá identificar situaciones de riesgo, evaluar el cumplimiento de las empresas en tres aspectos trascendentales para su correcta operación (la razonabilidad de los estados financieros, el cumplimiento de las normas aplicables y la uniformidad en la aplicación de tales normas), y dejar a estas instituciones un grupo de recomendaciones para una planificación más eficiente de sus recursos.

La auditoría es un proceso sistemático, realizado de conformidad con normas y procedimientos técnicos establecidos, que consiste en obtener y evaluar objetivamente las evidencias sobre las afirmaciones contenidas en actos jurídicos o de carácter técnico, económico, administrativo u otros, con el fin de determinar el grado de correspondencia entre esas afirmaciones, las disposiciones jurídicas vigentes y los criterios establecidos.

La Contraloría General de la República de Cuba dictó la resolución 76 de 2020 “Normas cubanas de auditorías”

modificativa de la Resolución 340, del 11 de octubre de 2012 con el objetivo de establecer sus principios fundamentales, las que son esenciales para la credibilidad, calidad y profesionalismo de la auditoría; tienen por objetivo además promover una auditoría eficaz, que permita aumentar el grado de confianza de los posibles usuarios. Estas normas deben ser constituyen una herramienta esencial en la fiscalización de la implementación de las 63 medidas en el sector agrícola.

Estas normas contienen también los procedimientos a desarrollar, cuyo propósito es regular metodológicamente los procesos que se requieren para ejercer la auditoría y alcanzar la calidad técnica de la misma; proveer a los auditores de herramientas para examinar la gestión pública, en materia de razonabilidad de la información financiera, grado de cumplimiento de objetivos y metas, manejo de los recursos con economía, eficiencia, eficacia, y el cumplimiento del ordenamiento jurídico aplicable al objeto de examen.

En general, en los procesos de auditoría, se tiene que trabajar con grandes volúmenes de información (que se cumple también para el sector agrícola), los cuales resulta imposible revisar por completo en el tiempo estimado de la auditoría. Pero, un auditor está obligado a obtener evidencia comprobatoria, suficiente y competente para que su opinión posea un sustento indubitable. Entonces, ¿cómo es posible que el auditor emita un juicio del ejercicio de recursos públicos, si no puede abarcar la totalidad de partidas? (ingresos, egresos, obras, acciones, etc.).

Por otro lado, la auditoría es una metodología de revisión y no implica que se deba indagar la totalidad de las operaciones de un ente.

En este sentido, el muestreo, es una herramienta de investigación científica, cuya finalidad es determinar qué parte, de la realidad en estudio, debe examinarse con el propósito de obtener conclusiones sobre la población de interés. Visto desde la auditoría es una herramienta que nos proporciona una muestra representativa de las partidas o conceptos que se deben auditar, evitando selecciones viciadas de campos ya conocidos por un auditor. El muestreo debe usarse como una forma de selección en la que no interviene el criterio subjetivo o preferencial y como complemento cuando se haya detectado y seleccionado partidas clave.

La aplicación del muestreo está contemplada en los procedimientos de las normas cubanas de auditoría, en las que se encuentran recogido los métodos de selección de muestras a utilizar por el auditor, siendo estos los estadísticos y no estadísticos. CGRC (2020).

Sin embargo, en muchos casos los auditores sólo emplean el muestreo no estadístico, debido fundamentalmente al desconocimiento que tienen sobre el cómo usar el muestreo estadístico. Este es el caso de los auditores del sector agrícola en la provincia de Cienfuegos, lo cual ha sido corroborado por la aplicación de una encuesta, la realización de entrevistas a auditores y jefes de grupos

de auditoría en el territorio y revisión de expedientes de auditorías.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende dejar claras, las ventajas que tienen el uso del muestreo probabilísticos, así como la forma en que estos pueden aplicarse con el objetivo de que los auditores del sector conozcan, profundicen y tengan los suficientes elementos que los conduzcan a la utilización esta herramienta como método científico, fiable y eficaz en la obtención de una muestra representativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en el primer semestre del 2022, se realizó en la Unidad de Auditoría Interna (UAI) de la Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos.

Para su ejecución se tuvo en consideración referentes teóricos nacionales e internacionales relacionados con esta temática, los documentos normativos para la actividad, el manual de procedimientos y las tareas contenidas en este relacionadas con el desarrollo de las auditorías en Cuba.

Entre los métodos empleados para cumplir el objetivo trazado se destacan la encuesta, la entrevista, la revisión de documentos, la observación, método de muestreo probabilístico y de la estadística matemática.

La encuesta se utilizó para conocer el grado de conocimiento sobre los métodos estadísticos recogidas en los procedimientos de las Normas Cubanas de Auditoría, las cuales alcanzamos a través de preguntas que se formularon de acuerdo a los objetivos.

Recurrimos al uso de la entrevista para conocer cuales herramientas informáticas de las que conocen les aportaría una mejora en la aplicación de los métodos estadísticos en las auditorías a desarrollar.

La revisión de documentos se empleó para comprobar en los expedientes de auditorías elaborados lo establecido en las normas cubanas en cuanto a la primera fase de la auditoría como tarea esencial en estas acciones de control, en dicha fase la norma recoge que para la toma de la muestra existen dos tipos de muestreo, el estadístico y no estadístico.

Otra técnica empleada es la observación participante, la cual permite obtener información sobre cómo se va desarrollando la auditoría en todas sus fases tal y como se produce, ya que se realiza de forma atenta, planificada, sistemática y selectiva.

El método de muestreo probabilístico se utilizó como herramienta científica para el tratamiento de las muestras de auditorías, eliminando de esta manera la subjetividad del auditor actuante y logrando que estas sean representativas de una población determinada.

Finalmente se emplean métodos de la estadística matemática, tanto para el procesamiento de la encuesta como

para la validación del procedimiento propuesto y el procesamiento de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre la base de las entrevistas y encuestas realizadas a 25 auditores de la UAI, se pudo detectar que el 80 por ciento de ellos plantean que desconocen cómo aplicar los métodos de muestreo estadísticos y sus beneficios en las auditorías planificadas, y el restante 20 por ciento admiten conocerlos, pero no los aplican porque no saben el aporte que brindan. El 100 por ciento de ellos utilizan métodos no estadísticos para la toma de muestras, pues refieren que es más rápido, fácil y les permite emplear su experiencia profesional. Adicionalmente a esto, se revisaron 25 expedientes de auditorías realizadas (uno por cada auditor interno entrevistado), comprobándose en efecto, el no uso de métodos estadísticos en la obtención de la muestra como tarea fundamental en el desarrollo de una acción de control.

Entre los resultados de la investigación se pudo identificar, además, que los principales problemas que enfrentan los auditores cuando aplican una técnica de muestreo, radican en ¿Cómo determinar el tamaño de la muestra?, y ¿Cómo seleccionar las partidas que serán objeto de análisis por parte del auditor?

La aplicación adecuada de los métodos de muestreo estadísticos puede ser la vía más efectiva para resolver estas dificultades, a la vez que facilitará significativamente la recolección, tratamiento y análisis de los datos, proporcionando al auditor un basamento científico para justificar su opinión con base en evidencias técnicamente recabadas, y con ello mejorar la calidad de su trabajo, al proporcionar mayor grado de seguridad razonable respecto a si la información contable analizada es el reflejo de la realidad económica de una determinada entidad en el sector de agrícola.

En este sentido, este trabajo dejará sugerencias de cómo determinar el tamaño de la muestra, cómo seleccionar las partidas, y cómo evaluar los resultados de la muestra como tareas fundamentales en la ejecución de las auditorías.

Vale destacar que el muestreo estadístico es una herramienta cuyo uso no sustituye el criterio del auditor, ni lo limita, sino que por el contrario se pone a su servicio. Para ello, es importante partir de un análisis inicial de los objetivos de la auditoría, que permita establecer si la necesidad del empleo del muestreo estadístico.

Asimismo, la aplicación de los criterios profesionales del auditor para evaluar la suficiencia y pertinencia de la evidencia de auditoría que se haya obtenido de la muestra, se realizará independientemente del método de muestreo utilizado.

A partir de la revisión del manual de procedimientos de auditoría (en su tarea H-001-0001-08 “*Determinación del tamaño y selección de la muestra*”) se pudo comprobar

la existencia de indicaciones generales sobre el empleo del muestreo estadístico entre otros medios de selección de partidas para reunir evidencia en la auditoría. Sin embargo, en este documento no existen indicaciones específicas de cómo y cuándo aplicar esta herramienta. Por otro lado, la tabla de tamaño de muestra estadística (P-D0001-10) y tabla de evaluación de resultados de las muestras estadísticas (P-D0001-11) está limitada a un nivel de confianza del 95% prefijado, lo cual impide estimar niveles superiores o inferiores a este.

En base a las deficiencias detectadas, y tomando en cuenta la amplia revisión bibliográfica realizada, se propone a continuación un procedimiento orientado al uso correcto de las técnicas de muestreo estadístico. El procedimiento general consta de 4 pasos fundamentales.

Paso-1: Determinación del tamaño de muestra

Paso-2: Selección del tipo de muestreo

Paso-3: Selección de la muestra

Paso-4: Revisión de las partidas seleccionadas

A continuación, se expone, brevemente, en qué consiste y cómo realizar cada uno de estos pasos.

Determinación del tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, el auditor debe considerar el riesgo de muestreo (cuando un auditor llegue a una conclusión incorrecta debido a que la muestra no sea representativa de la población) y el error tolerable (es el error máximo en la población que el auditor estaría dispuesto a aceptar, asumiendo los niveles de cumplimiento y confianza como parámetros de aceptación) y esperado. Para ello se consideran situaciones de trabajos anteriores o auditorías previas, cambio en los procedimientos internos y evidencia disponible de otros procedimientos. En consecuencia, la evaluación de los resultados de análisis, minuciosidad y seguimiento de la muestra seleccionada se debe comparar porcentualmente, tanto en número de comprobantes como en valores absolutos; es decir, se debe medir el nivel de cumplimiento o fortaleza del sistema de control interno como parte del saldo contable.

El tamaño de la muestra se determinará en este artículo sobre la base de la aplicación de una fórmula estadística, para esto es necesario conocer si la población que se revisará se considera finita o infinita.

Pero, ¿cuándo se considera que la población es finita?:

Una población es finita, si es medible, posible alcanzarse o sobrepasarse al contar y que posee o incluye un número limitado de medidas y observaciones. En general se considera que una población es finita si tiene menos de 100.000 individuos. Murray (1975).

Para el cálculo del tamaño muestral en poblaciones finitas (bajo el supuesto que no se conoce la desviación

estandar de la población) se emplea la siguiente ecuación matemática:

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Bajo el mismo criterio, se considera entonces que una población es infinita, si incluye más de 100.000 individuos. En este caso, la ecuación matemática empleada para el cálculo del tamaño muestral finitas (bajo el mismo supuesto de que cuando no se conoce la desviación estándar de la población) resulta

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2} \quad (2)$$

Los parámetros que componen cada una de estas fórmulas se definen a continuación.

n= Tamaño de muestra buscado de una población determinada.

N= Tamaño de población o universo (número total de posibles cuentas o partidas).

Z= Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC), el nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95% de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 5%.

e= Error de estimación máximo aceptado (¿Cuánto permito equivocarme?). Lo equiparamos para auditoría con el error tolerable que está en función del riesgo de detección y la importancia relativa. En general se recomienda usar un error pequeño, digamos entre 3% y 5%.

p= Probabilidad que ocurra el evento estudiado, o proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que p=q=50% que es la opción más segura.

q= (1-p)= Probabilidad que no ocurra el evento estudiado, o proporción de individuos que no poseen esa característica.

El Z calculado es un parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

NC= Es el grado de certeza (o probabilidad) expresado en porcentaje con el que se pretende realizar la estimación de un parámetro a través de un estadístico muestral.

Selección del tipo de muestreo

El objetivo de las técnicas de muestreo es estudiar procedimientos de selección de partidas y de estimación, que con el coste mínimo posible proporcionen estimadores con la mayor eficacia permisible. El muestreo en el ejercicio de la auditoría, que puede ser cuantitativo y cualitativo, se define como la aplicación de procedimientos a menos del cien por ciento de las partidas dentro de una población de relevancia, de tal modo que todas las unidades del muestreo tengan una oportunidad de selección

para dar al auditor una base razonable de qué conclusión extraer sobre la población entera.

Muestreo cuantitativo: Se usa cuando el auditor busca sacar conclusiones acerca de la población total, mediante el examen de una muestra seleccionada; en el muestreo cuantitativo el riesgo de la muestra debe reducirse a un nivel bajo aceptable; sin embargo, el enfoque técnico para el muestreo cuantitativo puede requerir de técnicas estadísticas.

Muestreo cualitativo: Es un procedimiento selectivo llevado a cabo como un proceso deliberado y sistemático para identificar los factores de variación en la materia controlada.

Para que los resultados obtenidos de los datos muestrales se puedan extender a la población, la muestra debe ser representativa de esta en lo que se refiere a la característica en estudio, o sea, la distribución de la característica en la muestra debe ser aproximadamente igual a la distribución de la característica en la población.

La representatividad en estadística se logra con el tipo de muestreo adecuado que siempre incluye la aleatoriedad en la selección de los elementos de la población que formarán la muestra. En los referidos procedimientos de auditorías, se describen 4 tipos de muestreos probabilísticos: el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado, muestreo sistemático y muestreo de unidades monetarias. En lo que sigue se presentan las características fundamentales de cada uno de ellos. Para un estudio más detallado sobre cada una de estas técnicas se recomienda revisar (Guerra et. al., 2003).

Muestreo aleatorio simple: Es un tipo de muestreo probabilístico en el cual todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser seleccionado. Este método funciona a través de un método de sorteo entre un universo de individuos, en el que le asigna a cada integrante un número para ser escogido.

El muestreo aleatorio simple es un método de selección de n unidades sacadas de una población de tamaño N, de tal manera que cada una de las muestras tiene la misma probabilidad de ser elegida. El uso de este tipo de muestreo se recomienda para poblaciones homogéneas, en las cuales no existan diferencias significativas entre los elementos de la población estudiada.

Muestreo sistemático: El muestreo sistemático es un tipo de muestreo probabilístico donde se hace una selección aleatoria del primer elemento que ha de pertenecer a la muestra, y luego se seleccionan los elementos posteriores utilizando intervalos fijos o sistemáticos hasta alcanzar el tamaño de la muestra deseado.

A nivel técnico, el muestreo sistemático no crea una muestra verdaderamente aleatoria. Sólo la selección del primer elemento de muestreo sistemático es una selección de probabilidad. Una vez que el primer elemento es seleccionado, algunos de los elementos tendrán una

probabilidad cero de selección. Por este motivo, este tipo de muestreo es poco recomendable en las auditorías.

Muestreo estratificado: El muestreo estratificado es un tipo de muestreo probabilístico aplicable a situaciones donde la población no es homogénea. O sea, existen diferencias significativas entre las partidas que componen el universo objeto de la auditoría. En tales situaciones, se pueden diferenciar varios grupos homogéneos o estratos en los que cual se puede particionar la población.

Los miembros de cada uno de estos grupos o estratos deben ser semejantes entre ellos, y diferentes al resto de los elementos de los otros grupos. Por ello, esta técnica de muestreo consiste en realizar, primero, una partición de la población en estratos y luego extraer muestras aleatorias de cada estrato y formar con ellas la muestra general. Esto implica la necesidad de identificar los estratos antes de calcular el valor de la muestra.

Muestreo de unidades monetarias: El muestreo por unidad monetaria crea intencionalmente una desviación hacia la selección de registros que contienen importes más grandes, ya sean positivos o negativos. Cada unidad monetaria tiene la misma posibilidad de selección.

En otras palabras, la probabilidad de que cualquier registro determinado sea seleccionado es directamente proporcional al tamaño del importe que contiene. El muestreo por unidad monetaria es apropiado para usarlo con pruebas sustanciales y de errores. Al desviar los importes más grandes, el muestreo por unidad monetaria ofrece un alto nivel de seguridad en que todos los importes significativos en una población serán sometidos a pruebas. Este tipo de muestreo se usa más ampliamente en la auditoría financiera que el muestreo aleatorio simple, porque es más eficiente, en el sentido de que, los márgenes de incertidumbre en las estimaciones de error por lo general son más reducidos.

Selección de la muestra

El método de selección de muestras hace referencia a la manera en la que se extraen los registros de una población para incluirlos en una muestra.

Una vez determinados los tamaños de la muestra y el tipo de muestreo que se empleará, se debe proceder entonces a la selección de aquellas partidas que serán objeto de revisión por parte de los auditores. La forma que se seleccionan las n-partidas que componen la muestra depende fuertemente del tipo de muestreo que se selecciona.

Así, para el caso del muestreo aleatorio simple, donde se considera que todas las partidas son similares (homogéneas), se debe proceder a la selección completamente aleatoria de los elementos que componen la muestra (todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser escogidos en la muestra). Para ello se recomienda, primero, enumerar todas las partidas de la población (desde 1 hasta N), y seguidamente hacer uso de los números

aleatorios, para la selección de la n-partidas que pasaran a formar parte de la muestra.

En el caso del muestreo sistemático, sólo es aleatoria la selección del primer elemento. El segundo elemento se elige contando a partir de este elementos, luego el tercero de la misma forma, pero a partir del segundo, y así sucesivamente.

Si se elige el muestreo estratificado, lo primero siempre será identificar los estratos. Para ello se deben tomar los criterios que el auditor estime convenientes, por ejemplo, territorios, valor monetario, nivel de riesgo, tipo de moneda, cuentas por edades, etc.

Una vez identificados los estratos (dígase k-estratos), se debe calcular entonces el tamaño de la muestra en cada uno de ellos, empleando para ello la fórmula de muestreo aleatorio estratificado proporcional:

$$nh = \left(\frac{Nh}{N}\right) * n \quad (3)$$

donde:

nh= Tamaño de la muestra del estrato h (h=1,2,...k).

Nh=Cantidad de elementos que componen el estrato h.

N= Tamaño de toda la población.

La selección de la muestra en cada estrato se realiza empleando el método aleatorio simple, pero ahora, en cada uno de los estratos por separado.

El muestreo por unidad monetaria es un método estadístico para calcular el importe total de la información errónea monetaria en una cuenta o clase de transacciones, funciona mejor con datos financieros que tengan las siguientes características:

- No hay errores de información o solo hay un número pequeño de errores, por ejemplo, se informan incorrectamente menos del 5% de los elementos.
- Más probabilidad de sobre estimaciones que subestimaciones.
- Ningún elemento con valor cero CUP u otra moneda que se utilice.

Al hacer pruebas de información errónea, los importes más grandes presentan los mayores riesgos de contener un error significativo. Si elige un método de muestreo que desvíe importes grandes, es posible que no detecte un problema potencial relacionado con las transacciones pequeñas. Los problemas con las pequeñas transacciones, cuando se acumulan, pueden ser significativos. Es más probable que aparezca una operación de alto valor en la muestra que una de menor valor; la posibilidad de que se seleccione una operación determinada está en proporción directa a su tamaño; cualquier transacción por encima del intervalo de muestreo promedio ciertamente será seleccionada.

Revisión de las partidas seleccionadas y extraer información de ellas

En este paso se aplicarán las actividades de control a las partidas o registros extraídos de la población, prevista en el plan general de la auditoría, para dar cumplimiento a los objetivos generales y específicos planificado. Las actividades a realizar en este paso, no dependen del tipo de muestreo, ni del tamaño de la muestra seleccionados. Son las acciones típicas de control que conoce el auditor para detectar desviaciones o incumplimiento de las normativas establecidas.

Validación del procedimiento propuesto

Para validar el procedimiento propuesto se organizó una acción de control a una entidad de la agricultura de la provincia Cienfuegos (que por cuestiones de ética profesional será referida en lo adelante como ABCD). Después de presentarse ante su consejo de dirección al grupo de auditores actuantes, se procedió a la entrega de la carta de presentación y orden de trabajo de la acción de control y se dio a conocer los objetivos principales de la auditoría, en este caso el chequeo de la implementación de las 63 medidas para impulsar el desarrollo agrícola. En esta entidad solo procedía chequear 5 de ellas, a las cuales se aplicaron las actividades de control correspondientes después de haber realizado la tarea No.3 "Conocimiento del sujeto a auditar" que se encuentra en el procedimiento de las normas cubanas de auditorías. El grupo actuante estuvo compuesto por 5 auditores internos de diferentes entidades de la agricultura y un jefe de grupo de la UAI de la Delegación provincial de la agricultura en el territorio de Cienfuegos, con un periodo de duración de 30 días hábiles y un alcance de enero-junio 2022.

Una de las 5 medidas para la cual se comprobó su implementación y funcionamiento fue la No.2 "**Considerar a los productores agropecuarios individuales como parte de la base productiva agropecuaria**".

Una vez identificados los riesgos de la auditoría y ya con los resultados a priori del conocimiento del sujeto a auditar, se procede a aplicar el procedimiento descrito en este trabajo para la aplicación del muestreo estadístico.

Inicialmente se procede al cálculo del tamaño de la muestra. Tomando en cuenta que el número de partidas a examinar en dicha entidad es menor que 100 000, se emplea la fórmula descrita para población finita, auxiliándose para ello de una hoja diseñada a tales efectos en Microsoft Excel.

Paso-1: *Calcular el tamaño de la muestra de un universo de 250 contratos económicos perteneciente a la empresa ABCD, la cual el auditor le asignó un nivel de confianza (NC) del 95% y un margen de error del 5%, donde se desconoce la probabilidad "p" del evento.* (Tabla No.1)

Tabla 1: Universo de la entidad para calcular el tamaño de la muestra

Cantidad de productores individuales	Cantidad de contratos económicos	Total de facturas de compras realizadas
250	250	420

Para el cálculo de (n) se precisa conocer el Zalfa que se empleará para su cálculo según la fórmula (1). (Tabla nro. 2)

Tabla 2: Distribución normal, Z alfa calculado

Nivel de confianza	Z alfa
99.7%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28
50%	0.647

Fuente:Elaboración Propia

El nivel de confianza (NC) lo decide el auditor

En este caso se empleará la fórmula (1)

1. Abrir la hoja de cálculo de excel.
2. Realizar una pequeña tabla en la hoja de excel con los encabezamientos "Parámetros" e "Insertar valor" para introducir los datos y una casilla llamada "cálculo de n", en esta última se introducirá la fórmula matemática.
3. Colocar en la casilla "parámetros" las variables con que vamos a trabajar de acuerdo a la fórmula matemática que se va a tomar para el cálculo muestral. (Tabla No.3)

Tabla 3: Parámetros para el cálculo del tamaño de n

Parámetros	Insertar valor	Cálculo de n
N		
Z		
p		
q		
e		

4. Se tomarán los datos de la auditoría en ejecución para darle los respectivos valores a las variables declaradas en la tabla. (Tabla No. 4)

Tabla 4: Parámetros para calcular el tamaño de la muestra

Párametros	Insertar valor	Cálculo de n
N	250	
Z	1,96	
p	50%	
q	50%	
e	5%	

Fuente: Guerra, 2003

5. Ya con los datos necesarios en la tabla se procede a introducir la fórmula matemática en la casilla vacía debajo de "Cálculo de n", pero para más comodidad al introducirla, se hará por partes, introduciendo en una casilla la fórmula del denominador, y en otra la del numerador. (Tabla No.5)

Tabla 5: Introducción de la fórmula en dos partes numerador y denominador

Parámetros	Insertar Valor	Cálculo de n
N	250	
Z	1,96	Numerador
P	50%	
Q	50%	Denominador
E	5%	

6. Para comenzar a introducir la fórmula perteneciente al numerador se hace tecleando en la casilla en blanco debajo de "Numerador" el operador matemático "=", el cual permitirá comenzar a introducir la ecuación en dicha celda. Cabe señalar que cuando se introduzca la elevación al cuadrado pueden realizarlo de 2 maneras, una de ellas es usando el operador "^" (por ejemplo ^2) y la otra forma sería multiplicar el valor de Z por él mismo (por ejemplo Z*Z) usando cualquiera de estos 2 métodos se elevará al cuadrado la variable Z, por otra parte se llama la atención a que, cuando estén introduciendo la función las celdas que deben tomar serán solo las que hacen referencia a los números, pues si hacen referencia a una de las letras declaradas como variables les dará un error de la siguiente manera: **#¡VALOR!**. (Tabla No.6)

Tabla 6: Numerador y denominador calculados

Parámetros	Insertar Valor	Cálculo de n
N	250	
Z	1,96	Numerador

P	50%	240,1
q	50%	Denominador
e	5%	1,5829

Fuente: Elaboración Propia

7. Ya por último se procede a calcular la muestra "n". (Tabla No.7).

Tabla 7: Cálculo del tamaño de la muestra n.

Parámetros	Insertar Valor	Cálculo de n
N	250	151,6836
Z	1,96	Numerador
P	50%	240,1
q	50%	Denominador
e	5%	1,5829

Fuente: Elaboración Propia

El tamaño de la muestra calculada es de 151,6836187. Redondeando por exceso se tiene entonces que $n=152$ contratos económicos.

Paso-2: Selección el tipo de muestreo de las partidas o contratos económicos.

Se pudo comprobar a través de las revisiones en el terreno que estos productores pertenecían a 4 municipios de la provincia Cienfuegos, entre los cuales existen diferencias marcadas. Por tanto se tiene una población marcadamente heterogénea con respecto a sus lugares de residencias, en base a lo cual el auditor estimó conveniente realizar el muestreo estratificado. En este caso se asegura que los elementos de cada estrato en la población estén representados en la muestra (4 municipio), al usar el muestreo estratificado se aprovecha el conocimiento que el investigador tiene sobre la población.

Ilustración de cómo proceder con ayuda del microsoft excel.

1. Abrir la hoja de excel donde se realizará dicho cálculo
2. Crear la base de datos con al menos los siguientes datos: Nombre del cliente, municipio de residencia, valor del contrato, fecha de firma del contrato, vigencia del mismo, cantidad de facturas realizadas por concepto de compraventa y monto total de estas facturas, donde se listarán todos los clientes contratados en este caso se se listaron los 250 contratos de productores independientes para lograr estratificar el universo debido a su heterogeneidad. En la tabla No.8 se muestran las primeras filas de esta base de datos en excel

Tabla 8: Base de datos de los 250 clientes contratados

Nombre del cliente	Municipio de residencia	Valor del contrato en cup	Fecha de firma del contrato	Vigencia (años)	Cantidad de facturas por	Monto total de las facturas en cup
EDCB	Aguada	8000	08/05/2022	2	18	7000
DFGH	Rodas	5000	08/04/2022	2	15	5600
DCVB	Rodas	8000	15/04/2022	2	10	4200
ASDF	Rodas	1200	08/03/2021	2	41	10000
LOTR	Aguada	7800	04/08/2021	2	7	20000
JUFL	Rodas	1000	01/07/2021	2	1	500
POTR	Lajas	4000	02/08/2022	2	3	1500

Fuente:Elaboración Propia

3. Construir una tabla para extraer los estratos, en este caso por municipios de residencia. (Se realizó al lado de la tabla de datos) se pueden hacer en cualquier lugar de la hoja de excel y se pueden extraer teniendo en cuenta otros criterios, como son valor del contrato

superior a, o valor del contrato inferior a, también por periodos de valides, o por muchos otros criterios, en este caso se formaron los estratos por el municipio de residencia de los clientes contratados. (Tabla No.9)

Tabla 9: Tabla para la extracción de los estratos

Nombre del cliente	Municipio de residencia	Valor del contrato en cup	Fecha de firma del contrato	Vigencia (años)	Cantidad de facturas por	Monto total de las facturas en cup	ESTRATOS	
							Municipios	Cantidad
EDCB	Aguada	8000	08/05/2022	2	18	7000	Aguada	
DFGH	Rodas	5000	08/04/2022	2	15	5600	Rodas	
DCVB	Rodas	8000	15/04/2022	2	10	4200	Abreus	
ASDF	Rodas	1200	08/03/2021	2	41	10000	Lajas	
LOTR	Aguada	7800	04/08/2021	2	7	20000		
JUFL	Rodas	1000	01/07/2021	2	1	500		
POTR	Lajas	4000	02/08/2022	2	3	1500		

Fuente:Elaboración Propia

4. Calcular los espacios vacíos perteneciente a cada municipio utilizando una función muy común y fácil de usar para los usuarios de excel esta es la función: "Contar si". Esta te permite contar valores dependiendo de un solo criterio, por lo tanto será mas fácil formar estratificación a muestrear. Algunos operadores matemáticos que ayudarán a realizar esta tarea de una manera factible dependiendo de lo que se quiera lograr son los siguientes por ejemplo: CONTAR.SI(rango de celdas a contar la cual hay que seleccionar presionando el clic izquierdo del mouse) y después de un punto y coma (;) colocar el criterio de conteo el cual puedes ser por ejemplo: "32", 32, ">32", "<32", B4, o cualquier nombre de persona, localidad, provincia etc. Y por último no se debe olvidar cerrar el paréntesis que se abre en la función, sin cerrar este, muestra un error por lo tanto no realizará dicho conteo.
5. En la columna "Cantidad" que aparece bajo el subtítulo "ESTRATOS" elaborado para estos datos procedemos a introducir la función "CONTAR.SI", para esto se ubica el cursor en la primera celda en blanco e introducimos el operador "=" que permitirá introducir la función deseada, después se tecleará (contar.si), automáticamente que se empiece a teclear se

desplegará un cuadro de texto con varias funciones, se realizará un doble clic en la deseada (CONTAR.SI), se procederá a introducir el rango de datos para contar en este caso se tomó el rango "Municipio de residencia", después se introduce el criterio de conteo en este caso fueron: Aguada, Rodas y Lajas, por último se cierra el paréntesis de la función. Ya una vez programada la primera celda se arrastrará hacia las de abajo la fórmula y estarán ya de esa manera formado los estratos deseados de acuerdo al criterio de conteo. (Tabla No. 10).

Tabla 10: Cantidad de estratos formados de acuerdo a los datos reales de la auditoría

ESTRATOS	
Municipios	Cantidad
Aguada	80
Rodas	70
Abreus	50
Lajas	50

Paso-3: Extracción de la muestra en cada estrato.

Una vez formado los estratos, se procede a extraer la muestra de cada una de ellos, empleando el método aleatorio simple en cada uno, mediante la fórmula (3) para muestreo aleatorio estratificado proporcional:

Pasos para determinar la muestra en cada estrato utilizando microsoft excel.

1. Se prepara unas celdas para el cálculo de la cantidad a muestrear puede ser en una nueva hoja de excel o en la misma, en nuestro caso tomamos la misma hoja de cálculo. (Tabla No.11)

Tabla 11: Cálculo del tamaño de muestra por estrato

Nombre del cliente	Valor del contrato en	Fecha de firma del contrato	Vigencia (años)	Cantidad de facturas por	Monto total de las facturas en cup	ESTRATOS		
						Municipios	Cantidad	Cálculo de n
EDCB	8000	08/05/2022	2	18	7000	Aguada	80	
DFGH	5000	08/04/2022	2	15	5600	Rodas	70	
DCVB	8000	15/04/2022	2	10	4200	Abreus	50	
ASDF	1200	08/03/2021	2	41	10000	Lajas	50	
LOTR	7800	04/08/2021	2	7	20000			
JUFL	1000	01/07/2021	2	1	500			
POTR	4000	02/08/2022	2	3	1500			

Fuente:Elaboración Propia

2. Se procede a introducir en la primera casilla o celda en blanco de la columna “Cálculo de n” la fórmula del muestreo estratificado.
3. Se realiza introduciendo el operador “=” el cual permitirá introducir la fórmula en la casilla.
4. Entonces se introduce la ecuación (3) dada para el cálculo del tamaño de muestra en cada uno de los estratos, donde, para el cálculo del primer elemento (usando $N_h=80$, $N=250$ y $n=152$) se tiene : $(152/250*80)=48,54$. De forma similar se procede con el resto, Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla No.12

2. Suponiendo que se elije el estrato-1 (Aguada) del cual se debe extraer una muestra aleatoria de 49 contratos de los 80 contratos que lo componen.
3. Para su selección se procede a enumerar de forma consecutiva todos los contratos de este estrato (listados en la primera columna), enumerados del 1 al 80. Colocándose este número en la columna de la hoja de cálculo, titulada “Número de muestra según cálculo”
4. Seguidamente, en la columna “Orden de los contratos para la muestra” se procede a escribir los números del 1 al 49, que es el tamaño de la muestra para este estrato.
5. Para generar los números aleatorios en la columna titulada “Números aleatorios generados” se recomienda utilizar la función (ALEATORIO.ENTRE), cuyos argumentos son precisamente el rango entre 1 y 49 (separados por ;). En la última columna de la Tabla No.13 se muestra una porción de los números aleatorios generados con esta operaciónTabla No. 13 Números aleatorios asignados a la muestra de 49 partidas o registros del estrato-1.

Tabla 12: Cálculo del tamaño de la muestra por estratos

ESTRATOS		
Municipio	Cantidad	Cálculo de (nh)
Aguada	80	48,64
Rodas	70	42,56
Abreus	50	30,4
Lajas	50	30,4

Fuente:Elaboración Propia

5. Se aproximaron los números en notación decimal de acuerdo a la regla de redondeo con lo cual se tienen: Estrato Aguada con un número de muestra de 49, Rodas con 43, Abreus 30 y Lajas 30.

Pasos para el muestreo aleatorio simple al número de muestra de cada estrato realizado en excel.

1. Abrir una hoja de cálculo nueva donde se trabajará dicho muestreo.

Tabla 13: Números aleatorios asignados a la muestra

Nombre del cliente	Orden consecutivo	Orden de los contratos para la muestra	Números aleatorios generados
EDCB	1	1ro	17
DFGH	2	2do	32
DCVB	3	3ero	41
ASDF	4	4to	33
LOTR	5	5to	18
JUFL	6	6to	24
PORT	7	7mo	9

...
KSBT	49	49-avo	13
...	...		
ZDXS	80		

Fuente:Elaboración Propia

6. De esta manera, seleccionando primero el contrato 17, luego el 32, seguido del 41 y así sucesivamente hasta seleccionar el contrato 13, se completará la muestra correspondiente a este estrato.

Realizando el mismo procedimiento para el resto de los municipios se obtiene la muestra aleatoria de cada uno de ellos, concluyendo así la ejecución del muestreo estadístico estratificado.

Paso-4: Revisión de las partidas seleccionadas

En este último paso el auditor aplicará sobre las partidas o elementos que conforman la muestra extraída las verificaciones previstas en el programa de auditoría aprobado, con el propósito de llegar a conclusiones válidas a partir de la muestra seleccionada, dado que esta es representativa de la población total.

El procedimiento descrito se repite en cada una de las 5 medidas que aplican en la entidad, cambiano solo la información relacionada con los documentos primarios de la actividad.

Este procedimiento es aplicable en cualquier auditoría que se realice en el sector agrícola, pero es también válido para otros sectores y entidades.

CONCLUSIONES

- Con la realización de esta investigación se evidencia el desconocimiento y no aplicación del muestreo estadístico por parte de los auditores del sector agrícola en la provincia de Cienfuegos.
- El procedimiento presentado en este trabajo está dirigido a resolver estas dificultades. En el mismo se detallan los pasos a seguir y se ilustra su aplicación a través de un ejemplo real.
- El empleo del excel constituye una ayuda importante para la aplicación de métodos estadísticos en la auditoría. En el trabajo se brindan detalles sobre su empleo paso a paso, a la través de su aplicación en el problema práctico desarrollado.
- Se pudo constatar que mediante estos procedimientos estadísticos se acelera el proceso de revisión, se reduce el riesgo asociado al muestreo subjetivo, a la vez que permite extraer conclusiones válidas a partir de la representatividad de la muestra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J., Cabrera, N., Caraballo, I. & Manso, G. (2015). El muestreo estadístico, herramienta para proteger la objetividad e independencia de los auditores internos en las empresas cooperativas. *Revista de Cooperativismo y Desarrollo*, 3(1): 36-45.
- Altieri, M. (2009). Escalonando la propuesta agroecológica para la soberanía alimentaria en América Latina. *Agroecología*, 4: 39-48.
- <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117171/110821>.
- Castro, R.F (1963) Discursos e Intervenciones: clausura del Encuentro Técnico Nacional en el salón de actos del INRA el 20 de Julio de 1963. *Fidel soldado de las ideas*, 68(150).
- [http:// http://www.fidelcastro.cu/es/discursos/discurso-pro-nunciado-en-la-clausura-del-encuentro-tecnico-nacional-sobre-heno-ensilaje-y](http://http://www.fidelcastro.cu/es/discursos/discurso-pro-nunciado-en-la-clausura-del-encuentro-tecnico-nacional-sobre-heno-ensilaje-y)
- CGRC, (2020). Procedimientos de las normas cubanas de auditorias.
- <https://www.contraloria.gob.cu/sites/default/files/documento/2021-01/MPA%20TOMO%20I%20formato%20impresion.pdf>
- Funes-Monzote, F.R. 2009. El potencial de la agroecología para la producción de alimentos en Cuba. VI Congreso Brasileiro de Agroecología. II Congreso Latinoamericano de Agroecología., 9/12 de noviembre, Curitiba/PR/Brasil. *Revista Brasileira de Agroecología*, 5217-5224
- García Machín E. La revisión de proyectos como garantía de condiciones seguras y saludables de trabajo. *Rev Cubana Salud Trabajo*. 2009;10(2):54-63
- García Machin, E. & Granda Ibarra, A. (2013). Proposición para perfeccionar la conquista social de la seguridad y salud de los trabajadores en Cuba. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(4): 689-707.
- GO ordinaria. No.34 (2017). Análisis de los documentos: Conceptualización del modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y Lineamientos de la Política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021.
- <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/acuerdo-viii-75-de-2017-de-asamblea-nacional-del-poder-popular>
- GO Extraordinaria No.68 (2020): Decreto- Ley 17/2020. De la implementación del proceso de ordenamiento monetario.
- https://cubaminrex.cu/sites/default/files/2020-12/goc-2020-ex68_0.pdf

GO ordinaria. No77 (2022).Ley 148/2022 Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional.

https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2022-o77_.pdf

[Guerra, C., Menendez, E., Borrero, R. y Egaña, E. \(2003\). Estadística. Editorial Felix Varela.](#)

Mahaluca, F., Chissengue, J., Uamba, J., Pereira, I., Mabaia, E. & Vilanculos, A. (2019). Importance of Applying Statistical Sampling to Increase Confidence in Financial Statements. *International Journal of Accounting Research*, 7(1:198), 1-7. doi: 10.35248/2472-114X.19.7.198

Murray, R. (1975) *Teoría elemental del muestreo*. En, S. Murray, *Teoría y problemas de estadística* (pp.141-142) Editorial Pueblo y Educación.

PCC (2011) Partido Comunista de Cuba. Lineamientos de la Política Económica y Social de la Revolución. La Habana.

PNUD (2019) PLAN NACIONAL DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL HASTA EL 2030.

<https://www.mep.gob.cu/sites/default/files/Documentos/Archivos/FOLLETO%20PNDES%20%20FINAL%20est%C3%A1%20en%20planificaci%C3%B3n.pdf>

EFICIENCIA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA EN FINCAS LECHERAS DEL SECTOR COOPERATIVO SEGÚN NIVEL DE INTRODUCCIÓN DE FORRAJES

PRODUCTIVE AND ECONOMIC EFFICIENCY IN COOPERATIVE SECTOR DAIRY FARMS ACCORDING TO THE LEVEL OF FORAGE INTRODUCTION

Jorge Martínez Melo¹E-mail: martinezmelo79@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4767-9746>Jorge Orlay Serrano Torres¹E-mail: jorgeorlayst@gmail.com, cujorlay@unica.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4372-5904>Verena Torres Cárdenas²E-mail: vtorcar@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7451-8748>¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez", km 9 ½ carretera a Morón, Ciego de Ávila, Cuba.² Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Martínez Melo, J., Serrano Torres, J. O., Torres Cárdenas, V. (2022). Eficiencia productiva y económica en fincas lecheras del sector cooperativo según nivel de introducción de forrajes. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 210-218. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>**RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue determinar indicadores de eficiencia productiva y económica en fincas lecheras según diferentes niveles de introducción de forrajes. Se seleccionaron cuatro fincas según el nivel de introducción de forrajes (Finca A y B, menor al 3 % del área total; finca 186, entre un 3 y 10 % y finca 227 más del 10 %) y se determinaron indicadores de eficiencia y balance forrajero. Se destacó con mayor eficiencia la finca 227, con valores de 1813,4 litros por hectárea anual y 2552,7 litros por total de vacas al año. El balance forrajero fue positivo para el periodo poco lluvioso y lluvioso solo en la finca 227. Se concluye que la incorporación de forrajes en el 17,1 % del área total, logró cubrir las necesidades de materia seca para ambos periodos del año en un sistema con pastos no cultivados y con un promedio de 1,39 UGM.ha-1, lo que contribuye a elevar la seguridad alimentaria del rebaño y la sustentabilidad del sistema de producción. Aún en sistemas con condiciones tecnológicas bajas, se obtienen indicadores productivos y económicos favorables a partir de la garantía de la biomasa requerida por los animales para todo el año.

Palabras clave:

Balance forrajero, producción lechera, sistemas ganaderos, sector cooperativo.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine indicators of productive and economic efficiency in dairy farms according to different levels of forage introduction. Four farms were selected according to the level of forage introduction (Farm A and B, less than 3% of the total area; farm 186, between 3 and 10% and farm 227 more than 10%) and efficiency indicators and forage balance were determined. Farm 227 stood out with greater efficiency, with values of 1813,4 liters per annual hectare and 2552,7 liters per total number of cows per year. The forage balance was positive for the dry and rainy periods only in farm 227. It is concluded that the incorporation of forages in 17,1% of the total area managed to cover the dry matter needs for both periods of the year in a system with uncultivated pastures and with an average of 1,39 UGM.ha-1, which contributes to raising the food security of the herd and the sustainability of the production system. Even in systems with low technological conditions, favorable productive and economic indicators are obtained with greater efficiency in the use of the land from the guarantee of the biomass required by the animals for the entire year.

Keywords:

Forage balance, dairy production, livestock systems, cooperative sector.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina y en específico las fincas productoras de leche afrontan diferentes problemas, entre los que se encuentran, la obtención de financiamiento y créditos, así como de insumos productivos. De igual forma, la producción lechera está influenciada por las condiciones medioambientales asociadas al cambio climático, como las altas temperaturas, humedades relativas y prolongadas sequías (Ruiz et al., 2019). En este sentido, los sistemas ganaderos tropicales enfrentan alrededor de 180 días de sequía al año, factor que año tras año afecta la producción de leche potencial que son capaces de producir. Las condiciones anteriores provocan bajos rendimientos de los pastizales, que en su mayoría son pastos naturales, caracterizados por bajos rendimientos anuales, pero con alta persistencia (Herrera, 2020).

A pesar de la amplia cantidad de recursos forrajeros y arbóreos que presentan los sistemas ganaderos en el trópico, muchos sistemas productivos están caracterizados por presentar limitaciones en la cantidad de pastos y forrajes disponibles para los periodos de sequía. Aun así, muchos productores mantienen sus sistemas ganaderos prácticamente a base del pastoreo de gramíneas naturales, con una reducción de la producción láctea causada por el déficit de alimentos forrajeros y suplementos para el ganado. Esta situación obliga a pequeños productores a complementar la ración de los animales a partir de forrajes externos a la granja, donde se puede comprometer la rentabilidad de las explotaciones (Filian et al., 2020), pues en muchos casos las prácticas ganaderas no se adecuan a las exigencias de los ecosistemas (Benítez et al., 2016).

Existen diferentes opciones tecnológicas para producir alimentos en volumen como las gramíneas de ciclo largo, leguminosas herbáceas, arbustivas y arbóreas, así como otras plantas no leguminosas que presentan mayores tenores de proteína en su follaje. Las leguminosas y estas últimas plantas pueden ser una opción para suplir este elemento nutritivo y contribuir al fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones (Nahed et al., 2014).

En la provincia Ciego de Ávila, la producción ganadera en fincas pertenecientes a las cooperativas de créditos y servicios, constituye uno de los principales tipos de sistemas lecheros. No obstante, muchos productores no presentan una cultura ganadera basada en la diversificación tanto de la base alimentaria, de las producciones e integración ganadería-agricultura, con el objetivo de satisfacer las necesidades de alimentos a partir de la siembra de plantas forrajeras y enfrentar la época de seca con disponibilidad suficiente de alimentos para los animales. Estos sistemas se caracterizan en su mayoría por el pastoreo de gramíneas naturales, con baja o nula suplementación, escasas áreas de compensación como bancos de biomasa y necesidades de adopción tecnológica (Martínez-Melo et al., 2015).

En esta situación, los ganaderos de esta región, según sus conocimientos, cultura y recursos, adoptan algunas prácticas para producir forrajes en el periodo de seca a partir del uso de gramíneas de ciclo largo como la caña (*Saccharum officinarum*) y el kinggrass (*Pennisetum purpureum*), las que siembran en diferentes proporciones del área total de las explotaciones, aunque no se encuentran extendidas entre la mayoría de los productores. El objetivo de este trabajo fue determinar indicadores de eficiencia productiva y económica en fincas lecheras según diferentes niveles de introducción de forrajes, a partir de un estudio de casos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de las fincas casos de estudio. El estudio se realizó en cuatro fincas lecheras de la provincia Ciego de Ávila. Estas fincas se seleccionaron según el nivel de introducción de forrajes (Martínez-Melo et al., 2020). Dos fincas, con áreas de forrajes menor al 3 % del área total nombrándose como finca A y B; la finca 186, por presentar entre un 3 y 10 % de áreas de forrajes y la finca 227 por contar con más del 10 % del área para forrajes.

Características y manejo de las fincas. En las cuatro fincas se explotaron animales mestizos de Holstein con Cebú. Los recursos de las cuatro fincas se muestran en la tabla 1. La finca A y B pertenecen al municipio Baraguá y las fincas 186 y 227 al municipio Florencia. En las cuatro fincas las vacas se ordeñaron una vez al día y los terneros se mantuvieron en un sistema de cría natural y tradicional.

La finca A presentó un suelo ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado, con categoría agroproductiva III, un nivel de operaciones de 13491,0 litros de leche anuales y contó con tres grupos de animales para el manejo: vacas en ordeño, vacas secas con otras categorías como añojas, añojos y novillas y el grupo de terneros. Las vacas en ordeño pastorearon en dos cuarterones de 10 ha promedio, con tiempos de ocupación de 20 y 25 días para el periodo lluvioso (PLL) y periodo poco lluvioso (PPLL), respectivamente. La alimentación fue a partir de los pastos no cultivados durante todo el año, forraje de caña (*Saccharum officinarum*) en el PPLL y suministro de concentrado, durante todo el año.

En la finca B los suelos, con categoría agroproductiva III, se clasifican como pardos típicos con carbonatos, el nivel de operaciones fue como promedio de 10082,0 litros anuales. Los animales se dividieron en tres grupos para el manejo, con dos cuarterones de 10 ha promedio, para las vacas en ordeño y con 25 días promedio de ocupación para ambos periodos. Se alimentaron a partir del pasto no cultivado, forraje de king grass (*Pennisetum purpureum*) y concentrado, en ambas épocas del año.

Tabla 1. Recursos de las fincas seleccionadas para el estudio de casos

Indicadores	Fincas			
	A	B	186	227
Área total, ha	35,4	34,5	32,3	26,8
Vacas en ordeño promedio, u	10	9	15	12
Área de pastos no cultivados, ha	33,5	32,2	29,0	21,2
Área de pastos cultivados, ha	0,0	0,0	0,0	0,0
Cuartones totales, u	4	4	5	8
Cuartones para vacas en ordeño, u	2	2	3	5
Área de caña, ha	0,33	0,0	1,7	3,0
Área de king grass, ha	0,0	0,32	0,6	1,6
UGM promedio anual, UGM	32,8	15,75	35,5	37,2
Carga, UGM.ha-1	0,93	0,46	1,10	1,39

La finca 186 contó con un suelo de categoría agroproductiva III, típico pardo, sin carbonatos, presentó un nivel de operaciones promedio anual de 23669,0 litros y el rebaño se dividió en tres grupos de animales, similar a la finca A. Las vacas en ordeño pastorearon en tres cuartones, de 3,5 ha promedio. El tiempo de ocupación promedio de los cuartones fue de 10 días en el PLL y 15 días en el PPLL, que garantizó tiempos de reposo del pasto de 20 y 30 días para el PLL y PPLL, respectivamente. En el PPLL también se realizó la restricción del tiempo de pastoreo entre 5 y 7 horas diarias. La alimentación estuvo conformada por el pasto natural y king grass (*Pennisetum purpureum*) en el PLL, mientras que en el PPLL recibieron, forraje de king grass, caña (*Saccharum officinarum*) y concentrado, como suplemento.

La finca 227 presentó un suelo similar a la 186, presentó un nivel de operaciones promedio anual de 47397,5 litros y contó con cuatro grupos de animales para su manejo: vacas en ordeño, vacas secas con otras categorías como añojas, añojos y novillas, terneros y animales en crecimiento-ceba. Las vacas en ordeño contaron con cinco cuartones, de 2,58 ha promedio, para el pastoreo. El tiempo de ocupación promedio de los cuartones fue de 6 días en el PLL y 10 días en el PPLL, con lo que se garantizó tiempos de reposo del pasto de 24 y 40 días para el PLL y PPLL, respectivamente. En el PPLL se realizó una restricción del tiempo de pastoreo entre 5 y 7 horas diarias y posteriormente las vacas se mantuvieron en un cuartón con forraje disponible.

El sistema de alimentación estuvo formado por el pasto natural y king grass (*Pennisetum purpureum*) en el PLL, en dependencia de las necesidades, mientras que en el PPLL recibieron, además, otros alimentos como caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), tallo de yuca (*Manihot sculenta*) y suministro de concentrado a la hora del ordeño, durante todo el año.

Procedimientos: El estudio se realizó a partir del registro anual de los indicadores productivos de cada finca y se calcularon los indicadores de eficiencia: producción anual/ha, producción anual/vaca total, producción anual/vaca en ordeño, producción/vaca/día en PLL, producción/vaca/día en PPLL y kg de leche/ha/día.

Se realizaron los balances forrajeros por época según los consumos estimados para los pastos, forrajes y suplementos utilizados, para el PLL (155 días) y PPLL (210 días), a razón de 15 kg de MS / UGM / día para una UGM de 500 kg, la disponibilidad de pastos se determinó por el método de Haydock y Shaw (1975), antes de entrar el grupo de animales al cuartón correspondiente en cada finca. Se tomaron entre 80 y 100 observaciones por hectárea. Además, se determinaron los rendimientos de las áreas de forrajes según la metodología propuesta por Pineda y Jiménez (2003). El aprovechamiento del forraje y los pastos se determinó a través de la oferta y rechazo.

Para el grupo de vacas en ordeño se calculó el peso vivo, a través del método del perímetro torácico (Menéndez *et al.*, 1987). La presión e intensidad de pastoreo se calcularon a partir de la disponibilidad de pastos y el manejo del pastoreo, para cada época y finca.

Consideraciones económicas. Se realizaron a partir del registro de las partidas de ingresos y gastos en las fincas, para el año 2021.

Para la conformación del costo del litro de leche, en las condiciones de estudio, se tomó el modelo de las Normas y Procedimiento para la planificación y determinación del costo de producción que rige en la agricultura (Zabala y Pérez, 1999). Los datos del consumo animal (alimentación) y producción, se tomaron de los registros contables de cada una de las unidades; asimismo, las depreciaciones.

Las partidas se calcularon de la siguiente forma:

1. Gastos por alimentación (forrajes y concentrados), gastos por medicinas e instrumentos y gastos por electricidad: a partir de los registros contables de cada finca.
2. Gastos por otros materiales: Se contemplan los utensilios, herramientas, materiales de aseo y limpieza y botas, entre otros.
3. Gastos por salario. Se consideró el salario de dos hombres para la finca A y B, tres para la finca 186 y cuatro para la 227; así como, el salario complementario y el 14.0 por ciento de seguridad social, a corto y largo plazo y las vacaciones.
4. Gastos por compra o inventario de animales. Se tomó el peso vivo por su valor, según listado de precios.
5. Otros gastos (cinco por ciento del total de gastos).
6. Gastos indirectos, (tres por ciento del total de gastos directos).

Ingresos por leche (precio base según calidad por reducción más bonificación por grasa real).

Ingresos por venta de animales al matadero.

Análisis de los resultados. Se utilizó la estadística descriptiva para analizar los indicadores obtenidos en cada finca estudio de caso y el análisis de correlación entre las variables, con el paquete estadístico SPSS versión 15.0 (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los indicadores de eficiencia, se destacaron los mayores promedios anuales para la finca 227 (tabla 2), lo que indica el potencial productivo que existe en las fincas lecheras del sector campesino de la provincia, si se transformaran estos sistemas a partir de los problemas fundamentales de la calidad y cantidad de la base alimentaria, con el establecimiento de áreas de forrajes y pastos cultivados, para incrementar la producción de materia seca total del sistema. Criterios que coinciden con Dios-Palomares et al., (2015) quienes plantean la necesidad de evaluar la eficiencia como requisito necesario para conseguir la sostenibilidad de los sistemas.

La finca 186, presentó una producción anual por hectárea promedio de 753,2 litros, con el 7,1 % de la superficie para forrajes y con 1,1 UGM.ha-1. Mientras, en las fincas A y B, se obtuvo una producción de leche promedio anual, inferior a 400 kg. ha-1. Estas dos fincas presentaron solo el 0,9 % del área para forrajes y mantuvieron menos de 1 UGM.ha-1 anual. Los resultados de las fincas A, B y 186 fueron inferiores a otros sistemas productivos intensivos, con pastos mejorados y más de un 11 % de áreas establecidas con plantas forrajeras y mayor número de parcelas para rotar los animales en ordeño (Reyes et al., 2020).

Otros autores (Soto et al., 2018) obtuvieron resultados comparables en la producción anual por hectárea y por total de vacas en fincas lecheras del sector privado, con los mayores valores en las fincas que garantizaron un balance de forrajes positivo en todo el año. Los resultados de la finca 227, fueron comparables a los antes citados, pues, aunque esta finca es de menor escala que los sistemas comerciales citados (Reyes et al., 2020), presentó un nivel de forrajes del 17,1 % en su área total, lo que pudo influir en garantizar los requerimientos de materia seca de los animales.

Esto pone de manifiesto el bajo nivel tecnológico que existe en estas fincas, así como las necesidades para la adopción de tecnologías, pues existe un potencial lechero que está limitado, en parte, por la baja eficiencia del uso de la tierra y la baja producción por animal, que es la consecuencia de otros factores, como la cantidad y calidad de la alimentación. Contrario a los resultados de la finca 227, que con más del 10 % de incorporación de forrajes logra producciones por hectárea superiores a 1500 litros anuales.

Tabla 2. Indicadores de eficiencia productiva por fincas

Indicadores	Estadístico	A	B	186	227
PL ha ⁻¹ , kg	Media	381,0	292,2	753,2	1813,4
	DE	6,25	4,70	79,04	99,90
PL vacas totales ⁻¹ , kg	Media	793,5	672,1	771,8	2552,7
	DE	13,05	10,85	20,40	250,04
PL.vacas en ordeño ⁻¹ , kg	Media	1226,3	1109,7	1509,7	3737,7
	DE	25,63	25,00	40,50	120,00
PL.vaca. día ⁻¹ , PLL, kg	Media	3,5	3,3	5,6	10,4
	DE	0,50	0,40	0,15	2,00
PL.vaca. día ⁻¹ , PPLL, kg	Media	3,4	3,2	3,6	8,9
	DE	0,40	0,30	0,30	1,00
PL.ha.día ⁻¹ , kg	Media	1,0	0,8	1,9	4,9
	DE	0,03	0,10	0,30	0,60

PL Producción de leche anual, PLL Periodo lluvioso, PPLL Periodo poco lluvioso

En el PLL la presión de pastoreo para el grupo de vacas en ordeño por época y por fincas (tabla 3) mostró la existencia de más de 20 kg de materia seca por cada 100 kg de peso vivo, para todas las fincas, mientras que la intensidad de pastoreo (tabla 4) presentó valores numéricos menores en las fincas A y B, debido a las características del manejo de las vacas en ordeño, que contaron solo con dos cuartos. Se constataron los mayores valores de intensidad de pastoreo en el grupo de vacas en ordeño en las fincas 186 y 227 en ambos periodos del año, resultados que pueden relacionarse a las condiciones de estas fincas que presentan áreas de compensación para garantizar la alimentación de los animales y, por tanto, intensifican el manejo de las áreas de pastoreo.

Tabla 3. Presión de pastoreo para el grupo de vacas en ordeño por fincas

Presión de pastoreo, kgMS.100kgPV.día ⁻¹	Estadístico	A	B	186	227
PLL	Media	35,80	33,43	22,90	36,01
	DE	1,00	1,52	1,05	1,00
PPLL	Media	24,6	39,8	8,8	8,2
	DE	0,40	0,57	0,17	0,30

PLL Periodo lluvioso, PPLL Periodo poco lluvioso

Tabla 4. Intensidad de pastoreo para el grupo de vacas en ordeño por fincas

Intensidad de pastoreo, UGM.ha-1	Estadístico	A	B	186	227
PLL	Media	1,15	0,67	3,56	3,72
	DE	0,05	0,02	0,31	0,30
PPLL	Media	0,78	0,36	3,04	3,62
	DE	0,02	0,10	0,03	0,04

PLL Periodo lluvioso, PPLL Periodo poco lluvioso

No obstante, en el PPLL las fincas 186 y 227, presentaron baja relación entre la cantidad de hierba por animal por día, lo que puede indicar la necesidad de restringir las horas de pastoreo y suministrar forrajes. Estos valores se explican por la baja disponibilidad de los pastos en los meses poco lluviosos, que en todos los casos fueron no cultivados y en el PPLL, esta fue inferior a 2,5 t MS/ha en las cuatro fincas, lo que obligó a restringir el pastoreo y ofertar forraje.

Las fincas A y B presentaron mayor cantidad de materia seca de pastos por cada 100 kg de peso vivo por día en el PPLL, que indicó menor presión e intensidad de pastoreo, por la poca tenencia de cuartones y la baja carga utilizada. Esta situación contribuye a la baja eficiencia en la utilización de los pastos, pues los animales realizan una alta selección y, por tanto, contribuyen a mantener áreas sobrepastoreadas y subpastoreadas. Mientras que las fincas 186 y 227, aunque contaron con mayor número de cuartones para las vacas en ordeño, que permitió un mayor nivel de rotación, la presión sobre los pastos en el PPLL fue alta e indicó la necesidad de suministrar otros alimentos. Esta situación está relacionada con el menor tamaño de los cuartones y con los bajos rendimientos de los pastos no cultivados (Reyes et al., 2020).

En los balances forrajeros por época (Tabla 5 y 6) se encontró que en las fincas A, B y 186, el balance forrajero fue negativo en el PPLL, pues presentaron pocos recursos forrajeros, con un 0,93; 0,92 y 7,1 % de áreas para forrajes, respectivamente. Mientras que solo la finca 227, logró satisfacer las demandas de materia seca total para este periodo del año. Esta finca contó con el 17,1 % de las áreas para forrajes, con 1,39 UGM.ha-1 promedio anual y el forraje representó el 78,7 % del total de materia seca producida en la finca. Estos resultados son comparables a los obtenidos por Borges et al., (2013) quienes encontraron que en el 75 % de las fincas estudiadas existían bancos de energía y presentaron baja utilización de recursos forrajeros, con necesidad de la adopción de tecnologías con mejoramiento del estrato herbáceo.

Los resultados de la tabla 5 mostraron la desventaja de las fincas A y 186 en el PPLL, pues tuvieron un déficit de materia seca superior al doble del déficit de la finca B. Esto estuvo relacionado con la mayor carga promedio de las fincas A y 186, con 0,93 y 1,10 UGM.ha-1, mientras que la finca B solo mantuvo 0,46 UGM.ha-1, con menos aprovechamiento de la tierra.

Tabla 5. Balance forrajero por fincas en el periodo poco lluvioso (t MS)

Concepto	A	B	186	227
Producción neta de pasto	48,2	34,7	31,1	22,7
Forraje de caña	6,9	-	27,5	68,4
Forraje de king grass	-	4,3	9,7	24,8
Tallo de yuca	-	-	-	2,5
Concentrado	1,3	1,8	2,4	5,6
Total	56,4	40,8	70,7	124,0
Necesidades	103,3	56,0	111,8	118,1
Balance	-46,9	- 15,2	- 41,1	5,9

Tabla 6. Balance forrajero por fincas en el periodo lluvioso (t MS)

Concepto	A	B	186	227
Producción neta de pasto	70,0	45,1	69,9	51,1
Forraje de caña	-	-	-	-
Forraje de king grass	-	5,4	17,1	37,4
Tallo de yuca	-	-	-	-
Concentrado	1,2	2,2	1,6	4,4
Total	71,2	52,7	88,6	92,9
Necesidades	76,2	41,3	82,5	87,2
Balance	-5,0	11,4	6,1	5,7

Estos resultados demuestran, que, en las fincas estudiadas, la producción de forrajes para el PPLL no fue suficiente para satisfacer las necesidades de materia seca de los animales, excepto en la finca 227 y por tanto, la utilización del concentrado, cuando no se cubran los requerimientos de materia seca puede ser discutida, pues lograría un efecto sustitutivo del alimento base y no se lograría un incremento sostenible en la producción por vaca.

En el PLL (tabla 6) también se encontró déficit de materia seca en la finca A, que contó con 0,93 % del área total para forrajes y con una carga media anual de 0,93 UGM.ha-1. Sin embargo, en las fincas 186 y 227 el aporte de los forrajes garantizó que no existiera déficit, no así en la finca B, donde solo con el aporte del pasto logró cubrir las necesidades, pues esta finca mantuvo una carga promedio anual de 0,46 UGM.ha-1, lo que explica la baja utilización de la tierra y las bajas producciones por hectárea. Sin embargo, solo se encontró un balance de materia seca anual positivo en la finca 227, que contó con mayor área dedicada al establecimiento de forrajes y mayor carga. Resultados similares a los obtenidos en otros sistemas intensivos en el PPLL (Reyes et al. 2020), lo anterior indica la necesidad de planificar la siembra de forrajes, según la cantidad de animales, para no afectar la capacidad de carga del sistema.

Se encontraron correlaciones altas entre los indicadores de eficiencia productiva y los indicadores tecnológicos (tabla 7). La presión de pastoreo en el PPLL presentó una correlación negativa y alta con los indicadores de

eficiencia, lo anterior explica que las fincas con mayor eficiencia explotaron los pastos a una menor presión de pastoreo en el PPLL. Estos resultados pueden ser explicados por la mayor carga que presentaron las fincas 186

y 227 y por tanto las vacas en ordeño presentaron menor cantidad de kgMS/100 kg PV día-1. Por el contrario, las correlaciones positivas y altas de los indicadores de eficiencia se relacionaron con él por ciento de área de forrajes en las fincas, la carga, la intensidad de pastoreo en PLL y PPLL y el balance forrajero en el PPLL, lo que demuestra la importancia que tiene garantizar el volumen de alimentos en las fincas para obtener mejores resultados, a partir de la introducción de plantas forrajeras y el aprovechamiento de residuos de cosechas.

Tabla 7. Correlaciones entre indicadores de eficiencia y tecnológicos

Indicadores	PP PPLL	IP PLL	IP PPLL	AF	Carga	NC	AT	BF PPLL
PL anual	-0,78 **	0,83 **	0,89 **	0,98 **	0,87 **	0,99 **	-0,97 **	0,65 *
PL/ha	-0,74 **	0,78 **	0,84 **	0,98 **	0,84 **	0,99 **	-0,98 **	0,70 *
PL/TV	-0,57 *	0,60 *	0,68 *	0,92 **	0,74 **	0,93 **	-0,93 **	0,78 **
PL/VO	-0,64 *	0,69 *	0,76 **	0,96 **	0,79 **	0,97 **	-0,96 **	0,76 **
L/v/d en PLL	-0,71 **	0,76 **	0,80 **	0,95 **	0,81 **	0,95 **	-0,95 **	0,67 *
L/v/d en PPLL	-0,57 *	0,61 *	0,69 *	0,92 **	0,74 **	0,94 **	-0,93 **	0,78 **
PL/ha/día	-0,71 **	0,75 **	0,81 **	0,97 **	0,83 **	0,98 **	-0,97 **	0,71 **

PL Producción de leche anual (kg), PL/ha Producción de leche por hectárea (kg), PL/TV Producción de leche por total de vacas (kg), PL/VO Producción de leche por vacas en ordeño (kg), L/v/d Litros por vaca por día (kg), PP PPLL presión de pastoreo en periodo poco lluvioso (kgMS.100kgPV.día-1), IP PLL Intensidad de pastoreo en periodo lluvioso (UGM.ha-1), IP PPLL Intensidad de pastoreo en periodo poco lluvioso (UGM.ha-1), AF por ciento de área forrajera (%), NC Cuartones para vacas en ordeño (u), AT Área total (ha), BF PPLL Balance forrajero en periodo poco lluvioso (t de MS), * Indica correlación significativa $p < 0,05$, ** Indica correlación significativa $p < 0,01$

La presencia de pastos no cultivados para el pastoreo de los grupos de animales, es un indicador negativo de las condiciones de agrotecnia, agroproductividad y manejo de estas fincas, lo cual compromete la calidad de la alimentación. Esta situación limita el consumo de energía metabolizable y proteína que deben hacer las vacas (Ruiz et al., 2019). En este sentido, los resultados del presente estudio son comparables a los encontrados por Soto et al., (2018) en un estudio en fincas lecheras en la misma provincia con un balance forrajero negativo por el déficit de producción de forrajes. Los resultados obtenidos se relacionan con los de Ruiz et al. (2019), quienes encontraron que fincas de alto nivel de intensidad presentaron áreas menores a 10 ha y se caracterizaron por implementar prácticas encaminadas a la sustentabilidad, lo que conlleva a tener unas mejores producciones y las fincas con bajo nivel de intensidad, requieren mayor grado de intervención para mejorar la sustentabilidad.

Las fincas del presente estudio (A, B y 186), están necesitadas de llevar a cabo acciones para el establecimiento de áreas de forrajes. Además, de incrementar la diversidad de los recursos forrajeros, para que disminuya la dependencia de alimentos externos y se garantice la sostenibilidad alimentaria del sistema lechero. En este sentido, los resultados de las tres fincas citadas anteriormente

fueron comparables con los de Macedo et al., (2008), quienes realizaron un balance forrajero durante la época seca de un sistema de producción tradicional de doble propósito. Estos autores determinaron que la producción de materia seca fue deficitaria produciéndose el 80 % de las necesidades. No obstante, estos resultados difieren de los obtenidos en la finca 227, que logró satisfacer los requerimientos de materia seca a partir de los forrajes de caña y king grass establecidos en la finca.

Estudios realizados por Filian et al., (2020) indican que el balance forrajero fue positivo en fincas, con una mejor utilización de los recursos producidos e introducidos para la alimentación animal y mayor número de días utilizados en la finca. Estos autores encontraron en tres tipologías de fincas balances forrajeros negativos relacionados a las altas cargas y baja producción de alimentos.

Los resultados del presente estudio son comparables a los obtenidos en fincas ganaderas vacunas del Ecuador (Carrasco et al., 2017), con menos de 20 hectáreas totales, donde la superioridad de un grupo de fincas estuvo dada por el tamaño del predio y número de vacas, sin reflejar eficiencia respecto a los demás grupos, lo que indica la necesidad de introducción de tecnologías. En este sentido, Reyes et al., (2021) encontraron una relación positiva entre la aplicación de tecnologías en granjas

lecheras y el nivel de producción por hectárea en un sistema intensivo con pastos cultivados. Mientras Taramuel et al., (2019) constataron que, en sistemas lecheros familiares en Colombia, el 82 % de los productores utiliza pasturas mejoradas en monocultivo o combinada con pastos nativos.

En este sentido, Magita y Sangeda, (2017) realizaron estudios en sistemas ganaderos en condiciones comparables a las del presente estudio, con prolongado periodo de sequía, marcada reducción de los recursos pastoriles y baja producción animal. Por otra parte, los resultados de las fincas estudiadas coinciden con los criterios de Bosekeng et al., (2020) quienes plantean la necesidad de utilizar plantas tolerantes a la sequía, suplementar a los rebaños y utilizar prácticas que los hagan cada vez más sustentables, respetando la capacidad de carga.

En este sentido, otros autores (Carrasco et al., 2017) se refieren a la importancia de los conocimientos y habilidades de los productores, para lograr mayor eficiencia y sostenibilidad, mientras que para Masaquiza et al., (2017) y Pereda et al., (2017), el diseño de sistemas intensivos de producción basados en el pastoreo, utilización de cosechas, cultivos, subproductos y residuos agrícolas bajo los principios de la integración agricultura-ganadería y silvicultura han constituido en muchos casos modelos para la producción intensiva sobre bases agroecológicas en fincas de pequeña y mediana escala; aspecto que resulta de interés, al considerar la importancia que tienen para la producción de alimento a nivel local.

No obstante, los resultados de este estudio concuerdan con Camacho-Vera et al., (2017) e Filian et al., (2019), quienes plantean la necesidad que existe de transferencia de tecnologías, acciones dirigidas a la mejora de la alimentación de los rebaños y la garantía de asesoría técnica oportuna y de calidad. Mientras que otros aspectos,

como el valor económico y ambiental de los sistemas lecheros (Báez et al., 2021), debieran extenderse a pequeñas fincas para lograr el manejo sostenible y alcanzar la resiliencia de los sistemas ganaderos.

Los indicadores económicos (Tabla 8) mostraron los mayores ingresos y gastos para la finca 227, que mantuvo superior nivel productivo, como se explicó anteriormente. En esta finca, el costo por litro fue inferior, comparada con el resto de las fincas, lo que se puede explicar por la mayor producción por vaca por día. Todas las fincas mantuvieron una favorable relación beneficio-costo. Sin embargo, este indicador fue superior en la finca 227, pues los ingresos por venta de animales cebados fueron el 17,9 % de las ventas de leche.

La finca 227, que presentó mayores gastos e ingresos por hectárea, también obtuvo mayor utilidad por hectárea, esta estuvo asociada además de la producción de leche, a la venta de animales cebados. Los resultados de la finca 227 se consideran como un ejemplo favorable de la diversificación de las producciones y ventas. En esta finca el ingreso por venta de toros fue el 14,9 % de los ingresos totales y los gastos para la ceba fueron el 15,8 % de los gastos totales. En las fincas A, B y 186 no hubo ingresos por este concepto, por lo que es una medida a recomendar para favorecer el nivel de ingresos y rentabilidad de estas fincas.

Las fincas A y B, además de presentar los menores gastos para la producción láctea, tuvieron los menores ingresos y utilidad por hectárea, con bajos niveles de producción e inferiores indicadores de eficiencia productiva (Tabla 2). Mientras que la finca 227, con mayores gastos. ha-1, también manifestó un nivel de ingresos. ha-1 superior, debido a la mayor eficiencia productiva e indica mayor eficiencia financiera, que ocurre a medida que se pueden intensificar las unidades lecheras (Masaquiza et al., 2017).

Tabla 8. Indicadores económicos anuales por fincas, CUP

Partidas	A	B	186	227
Gastos leche	93300,90	90500,00	205732,00	238600,00
Gastos carne	0,00	0,00	0,00	45000,00
Ingresos por venta de leche	265320,00	195200,00	353860,00	715400,00
Ingresos por venta de otros animales	10150,00	7520,00	8700,00	15600,00
Ingresos por venta de toros cebados	0,00	0,00	0,00	128064,00
Costo.kg-1 de leche	7,03	9,27	11,62	6,67
Costo.kg-1 de peso vivo	0,00	0,00	0,00	11,71
Relación beneficio-costo leche	2,94	2,24	1,76	3,06
Relación beneficio-costo carne	0,00	0,00	0,00	2,84
Relación beneficio-costo total	2,94	2,24	1,76	3,02
Relación beneficio-costo.ha-1	0,083	0,064	0,054	0,113
Gastos.ha-1	2635,59	2623,19	6369,41	10582,10
Ingreso.ha-1	7781,64	5875,94	11224,80	32054,60
Utilidad.ha-1	5146,05	3252,75	4855,36	21472,50

En este sentido, el nivel de operaciones de la finca 227 fue superior y dedicó el 15,0 % de los gastos totales a la alimentación del rebaño. Mientras que las fincas 186, A y B dedicaron solo el 4,5; 3,7 y 3,4 % de los gastos totales, respectivamente, a los alimentos. En la finca 186 los costos.kg-1 de leche fueron superiores mientras que la relación beneficio-costo, para la leche y total, fueron inferiores al resto de las fincas. Este resultado se puede explicar por los mayores gastos de salario para la finca 186, comparado con las fincas A y B, y por presentar superior gasto por alimentación que estas últimas.

La mayor utilidad. ha-1, se obtuvo en la finca 227, que tuvo una carga superior en un 33,0; 66,9 y 20,8 % comparado con la finca A, B y 186, respectivamente. No obstante, la relación beneficio costo para el proceso de producción de leche en todas las fincas se considera favorable pues, aunque en los sistemas de alimentación a base de pastos se obtienen altos ingresos sobre los gastos, en algunas circunstancias los precios de la leche y los costos de alimentación pueden favorecer la rentabilidad de las explotaciones.

CONCLUSIONES

Del análisis anterior se concluye que, en las condiciones del estudio, la incorporación de forrajes en el 17,1 % del área total, logró cubrir las necesidades de materia seca para ambos periodos en un sistema con pastos no cultivados y con un promedio de 1,39 UGM.ha-1, lo que contribuye a elevar la seguridad alimentaria del rebaño y la sustentabilidad del sistema de producción. Aún en sistemas con condiciones tecnológicas bajas, se obtienen indicadores productivos favorables con mayor eficiencia en el uso de la tierra, a partir de la diversificación de las producciones y la garantía de la biomasa requerida por los animales para todo el año.

Los menores costos por litro producido se obtuvieron en el sistema con mejores indicadores de eficiencia productiva y de la tierra, con mayores gastos e ingresos por hectárea. Con los sistemas actuales de precio, aún en sistemas de condiciones tecnológicas bajas, se obtienen indicadores económicos favorables. La diversificación de las producciones y ventas contribuyó a incrementar la relación beneficio-costos y las utilidades por hectárea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez, N., Lok, S., and Gutiérrez, G. (2021). Determination of the environmental economic value of a tropical typical dairy farm of Mayabeque, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, **55(2)**, 35-44.
- Benítez, D., Vargas, J.C., Torres, V. y Soria, S. (2016). La incidencia de las prácticas ganaderas en la productividad de los rebaños de cría en la provincia de Pastaza de la Amazonía ecuatoriana. *Avances en Investigación Agropecuaria*, **20(3)**, 43-61.
- Borges, J.A, Bastardo, Y, Carrillo, H., Barrios, M., Sandoval, E., Sánchez, D. y Márquez, O. (2013). Caracterización del subsistema pastizal en fincas Doble Propósito del Valle de Aroa, estado Yaracuy, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, **31(2)**, 129-139.
- Bosekeng, L.C., Mogotsi, K. y Bosekeng, G. (2020). Farmers' perception of climate change and variability in the North-East District of Botswana. *Livestock Research for rural Development*. **32(1)**, <http://www.lrrd.org/lrrd32/1/lbose32012.html>
- Camacho-Vera, J., Cervantes-Escoto, F., Palacios-Rangel, M., Rosales-Noriega, F. y Varagas-Canales, J. (2017). Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, **8(1)**, 23-29.
- Carrasco, R.U., Figueredo, R., Curbelo, L. y Masaquiza, D.A. (2017). Caracterización de fincas ganaderas vacunas para el trabajo de extensión rural en Ecuador. Determinación de las principales heterogeneidades. *Revista de Producción Animal*, **29(2)**, 1-5.
- Dios-Palomares, R., Alcaide, D., Diz, J., Jurado, M., Prieto, A., Morantes, M. y Zúñiga, C.A. (2015). Análisis de la eficiencia de sistemas agropecuarios en América Latina y el Caribe mediante la incorporación de aspectos ambientales. *Revista Científica, FCV-LUZ, XXV (1)*, 43-50.
- Filian, H.W., Alvarado, H., Pereda, J., Curbelo, L., Vázquez, R. y Peraza, R. (2019). Caracterización de sistemas de producción agrícolas con ganado vacuno en la cuenca baja del río Guayas, provincia de Los Rios, Ecuador. *Revista de Producción Animal*, **31(1)**, 1-10. ISSN 2224-7920.
- Filian, H.W., Mora, A., Pereda, J., Curbelo, L., Pedraza, R., & Vásquez, R. (2020). Balance forrajero según tipologías de fincas agrícolas con ganadería vacuna de la cuenca baja del río Guayas, Ecuador. *Revista de Producción Animal*, **32(1)**. ISSN 2224-7920, <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3372>
- Haydock, K.P. & Shaw, N.H. (1975). "The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture." Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 15(76), 663-670, ISSN: 0816-1089, DOI: <https://doi.org/10.1071/EA9750663>
- Herrera, R.S. (2020). Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*, **24(2)**, 23-38.

- Macedo, R., Galina, M. y Zorrilla, J. (2008). Balance forrajero, energético y proteico de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México. **Zootecnia Tropical**, *26(4)*, 455-463. ISSN 0798-7269.
- Magita, S. y Sangeda, A. (2017). Effects of climate stress to pastoral communities in Tanzania: A case of Mvomero District. **Livestock Research for rural Development**, <http://www.lrrd.org/lrrd29/8/sang29160.html>
- [Martínez-Melo, J., Torres, V., Jordán, H., Guevara, G. y Hernández, N. \(2015\). Clasificación de fincas lecheras pertenecientes a cooperativas de créditos y servicios. **Revista de Producción Animal**, *27\(1\)*, <https://core.ac.uk/reader/268092230>](#)
- [Martínez-Melo, J.; Jordán, H.; Torres, V.; Fontes, D.; Mazorra, C. & Serrano, J.O. \(2020\). Alimentación a base de forrajes en fincas lecheras del municipio Florencia, Ciego de Ávila. **Universidad&Ciencia** *9\(2\)*, 1-15, ISSN: 2227-2690 RNPS: 2450, <http://revistas.unica.cu/uciencia>](#)
- Masaquiza, D., Pereda, J., Curbelo, L., Figueredo, R., Cervantes, M. (2017). Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la productividad y eficiencia. Resultados con su aplicación. Artículo de Revisión. **Revista de Producción Animal**, *29(2)*, 57-64.
- Menéndez, A., Pérez, B., Penichet, A., Varela, O., Herrera, R., Fernández, M. & Rodríguez, M. (1987). Estimación del peso vivo. **Revista de la Asociación Cubana de Producción Animal**, *3(31)*.
- Nahed, J., Palma, J. y González, E. (2014). La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones. **Avances en Investigación Agropecuaria**, *18(3)*, 7-34.
- Pereda, J., Curbelo, L., Pardo, G., Vázquez, R., & Figueredo, R. (2017). Clasificación de fincas lecheras según dimensiones de la intensificación productiva en un nuevo modelo de gestión. **Revista de Producción Animal**, *29(2)*, 50-56. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n2/rpa07217.pdf>.
- Pineda, L. y Jiménez, C. (2003). Método para la "estimación" del rendimiento de forrajes de corte. Serie: Utilización de cultivos forrajeros No. 16. Servicio de Asistencia Técnica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias.
- Reyes, J., Ibarra, Y., Valeria, A., Rey, S. and Torres, V. (2021). Evaluation of intake, productive performance and milk quality of cows grazing *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, with two grazing intensities during rainy season. **Cuban Journal of Agricultural Science**, *55(3)*, 1-9. <http://www.cjascience.com/index.php/cjas/article/view/1021>
- Reyes, J., Torres, V., March, J., and Hernández, Y. (2020). Analysis of factors influencing productivity of two dairy farms in Sancti Spíritus, Cuba. **Cuban Journal of Agricultural Science**, *54(4)*, 503-513. <http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/991>
- Ruiz, J.F., Cerón-Muñoz, M.F., Barahona-Rosales, R. y Bolívar-Vergara, D.M. (2019). Caracterización de los sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables económicas y técnicas asociadas a la sustentabilidad. **Livestock Research for rural Development**, *31(3)*, <http://www.lrrd.org/lrrd31/3/dmbol31040.html>
- Soto, S., Uña, F. y Machado, y. (2018). Eficiencia bioproductiva y financiera en fincas lecheras del sector privado. **Revista de Producción Animal**, *30(1)*, 13-21.
- SPSS, Statistical Package for the Social Sciences (2011). Institute. SPSS-X. User's Guide. Version 8, Chicago IL. USA.
- Taramuel, J., Barrios, D. y Cerón, M. (2019). Adopción tecnológica en sistemas de producción de leche del resguardo indígena de Cumbal en el departamento de Nariño, Colombia. **Livestock Research for Rural Development**, *31(4)*, <http://www.lrrd.org/lrrd31/4/ce-ron31059.html>
- Zabala, J. y Pérez, F. (1999). Normas y procedimientos para la planificación y determinación del costo de producción. **Fichas de costo carne y leche**. Ministerio de la Agricultura. Ganadería. 18.

ANÁLISIS Y PROSPECTIVA DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LA CIUDAD DE MACHALA

ANALYSIS AND PROSPECTIVE OF THE CHANGE OF COVERAGE AND SOIL USE IN THE CITY OF MACHALA

Castillo Figueroa José Eduardo¹E-mail: jcastillo6@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7178-2490>Ramos Hidalgo Joselyn Ariana¹E-mail: jramos3@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4408-1928>Maza Maza Jaime Enrique¹E-mail: jemaza@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-5165>¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Castillo Figueroa J. E., R., Ramos Hidalgo J. A., Maza Maza J. E. (2022). Análisis y prospectiva del cambio de cobertura y uso del suelo en la Ciudad de Machala. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 219-227. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Desde la década de 1990, la dinámica de cambio de uso del suelo en Machala producto de la acelerada expansión urbana ha provocado modificaciones en su cobertura vegetal; la construcción de escenarios prospectivos permiten conocer los cambios que se han venido suscitando en el tiempo, prediciendo el futuro a partir de la situación actual. Esta investigación tiene como enfoque generar un modelo prospectivo del territorio urbano de la ciudad de Machala para el año 2040, a través de la probabilidad de cambio de coberturas y uso del suelo de los años 1991-2019, mediante el modelo de simulación autómatas celulares de cadenas de Markov. Durante el periodo de análisis (1991-2019) se perdieron 1587.35 ha de tierras agrícolas, mientras que las zonas urbanizadas aumentaron 1616.53 ha. En el segundo periodo (2019-2040), la extensión urbana obtuvo una ganancia de 636.17 ha, las áreas agrícolas perdieron 633.53 ha de territorio, se visualizaron nuevas condiciones, donde la tendencia de cambio de uso del suelo se mantiene, las zonas urbanizadas aumentan y las agroproductivas disminuyen. El territorio Machaleño requiere de la toma de medidas oportunas por parte de la autoridad competente, que permitan conservar los suelos productivos ante el constante crecimiento de las zonas urbanizadas.

Palabras clave:

Cambios de uso de suelo, Machala, mapa prospectivo, uso agrícola, usos antrópicos.

ABSTRACT

Since the 1990s, the dynamics of land use changed in Machala as a result of accelerated urban expansion that caused changes in its vegetation cover. The construction of prospective scenarios allow us to know the changes that have been taking place over time, predicting the future based on the current situation. The focus of this research is to generate a prospective model of the urban territory of the city of Machala for the year 2040, through the probability of change of coverage and land use from 1991-2019, through the cellular automata simulation model of Markov chains. During the analysis period (1991-2019) 1587.35 ha of agricultural soils were lost, while urbanized areas increased 1616.53 ha. In the second period (2019-2040), the urban extension obtained a gain of 636.17 ha, the agricultural areas lost 633.53 ha of territory, new conditions were visualized, where the trend of land use change is maintained, the urbanized areas derived and the agro-productive ones decrease. The Machaleño territory requires the taking of appropriate measures by the competent authority, which conserves productive soils in the face of the constant growth of urbanized areas.

Keywords:

Land use changes, Machala, prospective map, agricultural use, anthropic uses.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano en las últimas décadas ha producido cambios en los usos que se le está dando a los suelos para la construcción de casas, edificios, apertura de carreteras, etc.; este crecimiento se da a nivel mundial y se caracteriza por ser acelerado y difícilmente controlado. En Ecuador, Quito y Guayaquil son las ciudades donde la mancha urbana es más evidente (Salazar et al., 2021).

El cambio de uso del suelo en la zona urbana del cantón Machala, provincia de El Oro, ha provocado la disminución de las áreas agrícolas por el crecimiento horizontal urbanístico, estas se distribuían desde los sectores: La Primavera, Los Ceibales, Km 15, Guarumal hacia el este de la ciudad abarcando el 44,72% de la superficie productiva, sin embargo, para el año 2018 este porcentaje disminuyó al 41,77% que es equivalente a 15.570 ha, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de Machala (PDOT,2018).

La migración interna ha contribuido con los procesos de crecimiento urbanísticos creando parroquias en la periferia urbana, estos cambios alteran las características biofísicas de la superficie terrestre, además de ocasionar consecuencias alarmantes como: la intensificación del calentamiento global, la degradación del suelo, transformaciones de la diversidad biológica y reducción de los servicios o recursos ecosistémicos (Homer et al., 2020).

Es importante conocer los cambios que se han venido suscitando en el territorio a través del tiempo, para poder construir escenarios prospectivos que ayuden a predecir el futuro partiendo de la situación actual, en relación a la pérdida de áreas productivas y planificación del territorio.

El problema que ocasionan los asentamientos humanos se debe a que el 90% de las construcciones se expanden de manera horizontal y solo el 9,99% de viviendas en el cantón tiene una construcción vertical en casas o edificios. Hemos planteado la hipótesis de que para el año 2040 estas zonas urbanizadas seguirán presionando los sistemas productivos, lo que se evidenciará con la pérdida de tierras.

El objetivo de la investigación tiene como enfoque generar un modelo prospectivo del territorio urbano de la ciudad de Machala para el año 2040, a través de la probabilidad de cambio de coberturas y uso del suelo de los años 1991 - 2019, información que servirá para un correcto ordenamiento territorial y desarrollo sostenible de la ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio, El cantón Machala pertenece a la Provincia de El Oro, se encuentra entre las coordenadas 3°15'18"S 79°57'19"W, posee una extensión territorial de 37275.23 ha, sus límites son: al Norte con el cantón El Guabo, Sur con el cantón Santa Rosa, Este con el cantón Pasaje, Oeste con el Archipiélago de Jambelí y el Océano Pacífico. La cabecera cantonal tiene una extensión de 6726.22 ha, cuenta con siete parroquias urbanas

(Machala, Jambelí, La Providencia, El Cambio, Nueve de Mayo, Puerto Bolívar, Jubones) y la parroquia rural El Retiro, (Figura 1).

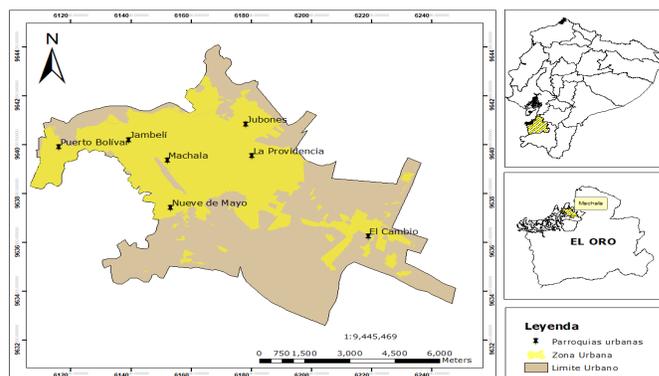


Figura 1. Localización del área de estudio

El tipo de suelo predominante en el cantón es el Entisol, su textura es media (limo-arcilloso), sus terrenos son de baja pendiente, llegando a 5%. La temperatura anual que presenta el cantón se encuentra alrededor de los 24 - 26 °C, con una precipitación media de 102 mm y multianual de 621,8 mm; estas condiciones son favorables para que las actividades productivas se desarrollen correctamente.

Es la quinta ciudad más poblada del Ecuador con 286.120 habitantes, de los cuales el 94% se encuentran asentados en el área urbana, ocupando el 17,95% del territorio cantonal. De acuerdo al primer censo en 1990, Machala ha tenido un crecimiento demográfico constante hasta las proyecciones del 2020 con una tasa de crecimiento poblacional de 2,78% entre 1990 - 2001 y de 1,1% entre 2010 - 2020 (PDOT, 2018).

Recopilación de información cartográfica. Del Catálogo de Datos del IGM referente al Mapa de Conflictos de Uso de las Tierras y Urbano de la ciudad de Machala, escala 1:5000, año 2018, adicionalmente se descargaron imágenes satelitales del Servicio Geológico de Estados Unidos USGS Earth Explorer por sus siglas en inglés (United States Geological Survey) correspondientes a los sensores Landsat 5 (TM) y 8 (OLI-TIRS) de los años 1991 y 2019, los datos que proporciona Landsat se han utilizado en investigaciones de detección de cambios en la cobertura y uso de la Tierra.

Para estimar e identificar los cambios en el uso del suelo a través del tiempo, se elaboraron dos mapas cartográficos de cobertura y uso del suelo en la zona de estudio, mediante la interpretación y clasificación de dos imágenes de satélite Landsat tomadas en junio de 1991 y en abril del 2019. Para que las imágenes satelitales cuenten con las características adecuadas se realizó un procesamiento previo a la elaboración de la clasificación supervisada y la prospección, para Alawamy et al. (2020) seguir este proceso es importante para reducir errores en la obtención de datos cartográficos del área de estudio.

Para los análisis, las imágenes fueron procesadas digitalmente en el software de IDRISI Selva 17.0 mediante la composición de bandas BGR 2,3,4 y 3,4,5 para Landsat 5 y 8 respectivamente. La composición resultante es denominada "Falso color", donde la vegetación (tierra agrícola) se mostró en tonos rojizos, el agua se tornó color negro, las áreas urbanas presentaron tonalidades celestes y los bosques y manglares de color rojo intenso. En la figura 2, a) corresponde a la imagen satelital Landsat 5 capturada en junio de 1991; b) imagen satelital Landsat 8, capturada el 26 de abril del 2019, siendo esta la imagen con menor presencia de nubes (color blanco) para el estudio. Adicionalmente, se empleó un proceso de clasificación supervisada y de acuerdo a la categoría de uso fueron reclasificados como: Urbano, Agrícola, Camaronero y Bosque (Figura 2).

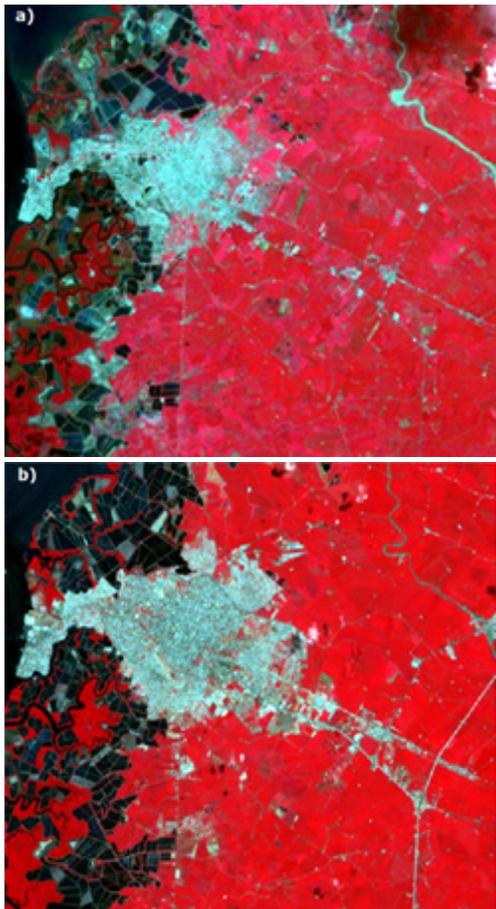


Figura 2. Composición de imágenes satelitales; a) Landsat 5 y b) Landsat 8

Para realizar el análisis multitemporal se empleó el modelo de simulación autómatas celulares de cadenas de Markov CA_MARKOV de IDRISI Selva 17.0, en base al análisis histórico o multitemporal

en el uso del suelo de la ciudad de Machala empleado en la investigación de Guo et al., (2020); esta herramienta toma dos imágenes con lapsos de tiempo distintos y genera una simulación del estado de los suelos en un futuro, su utilidad se centra en la planificación urbana y gestión de los suelos.

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta eficaz en la evaluación de los cambios de cobertura del suelo durante un determinado período de tiempo, que permiten planificar y gestionar los recursos naturales y urbanos. En base a esto se compararon los mapas de uso de suelo de los períodos 1991- 2019 y 2019 - 2040 mediante una superposición cartográfica en Spatial Analyst de ArcGis 10.5; posteriormente se generó una matriz de tabulación cruzada donde se asignaron códigos a las categorías de usos del suelo, las filas representan las categorías del primer año (t1) y las columnas el segundo año (t2), las áreas que no han sufrido cambios, es decir, se han mantenido entre t1 y t2 están representadas diagonalmente, mientras que las que están fuera de la diagonal corresponden a las transiciones.

Los valores asignados fueron agregados en los raster como códigos para ser sumados por la herramienta álgebra de mapas de ArcGis y según la intersección de la categoría, el suelo presentó cambios o se mantuvo (Hasan et al., 2020). De esta manera se generaron mapas de cambio para cada período de estudio y se determinaron las superficies en hectáreas y porcentajes que presentaron alguna alteración o se mantuvieron. Finalmente se obtuvo una matriz de las Pérdidas/Ganancias en hectáreas, se calculó el cambio neto, cambio total y el intercambio de superficies entre las categorías de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios de superficie de cobertura y uso del suelo, Se evidencia mayor cambio de superficie en las coberturas de urbano y agrícola. En el año 1991 el uso de suelo urbano tenía una superficie de 2101.17 ha, que posteriormente pasaron a 3572.63 para el año 2019, correspondiendo a un valor de cambio neto de 1471.47 ha, y una tasa de cambio de superficie del 70%. Para el uso de suelo agrícola fue todo lo contrario, reduciéndose la superficie de 4294.70 ha en el año 1991 a 2803.24 ha para el año 2019, correspondiendo a un cambio neto de -1491.46 ha con una tasa de cambio de -65%. Con respecto a la cobertura de bosque la superficie tuvo un aumento significativo, debido en gran parte a la dominancia del remanente manglar dentro de la zona, con un cambio neto de 48.81 ha y una tasa de cambio del 66%, la cobertura de camaróneras no tuvo mayor significancia en el cambio de la superficie, lo que significó un cambio neto de -30.13 ha con una tasa del -12% (Tabla 1).

Tabla 1. Cambios de superficie de cobertura y uso de suelo para el periodo 1991-2019

N°	Uso/ cobertura	1991		2019		Cambio neto		Tasa de cambio en la superficie	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	Urbano	2101.17	31.23	3572.63	53.12	1471.47	70		
2	Agrícola	4294.70	63.84	2803.24	41.68	-1491.46	-65		
3	Camaronero	258.12	3.84	227.99	3.39	-30.13	-12		
4	Bosque	73.46	1.09	122.27	1.82	48.81	66		
TOTAL		6727.46	100	6727.46	100				

En la figura 3, se evidenció un notable cambio en el uso de la tierra principalmente por la transformación de suelo agrícola a urbano, el territorio machaleño posee suelos francos y fértiles, propiedades ideales para el desarrollo de esta actividad. Las camaroneras fueron reemplazadas por asentamientos humanos en la periferia urbana, mientras que el bosque se encuentra dominado por especies de manglar, su crecimiento se debe a campañas de reforestación que se han realizado, adicionalmente, dentro

del área urbana se observan pequeñas zonas de bosque debido a la construcción de áreas verdes destinadas a la recreación y embellecimiento urbanístico; en los parques de la ciudad se encuentran plantadas especies forestales y herbáceas, sin embargo el más representativo a pesar de que sus especies aún se encuentran en la etapa de crecimiento es el parque Zoila Ugarte, otro sector representativo de bosques se encuentra en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala.

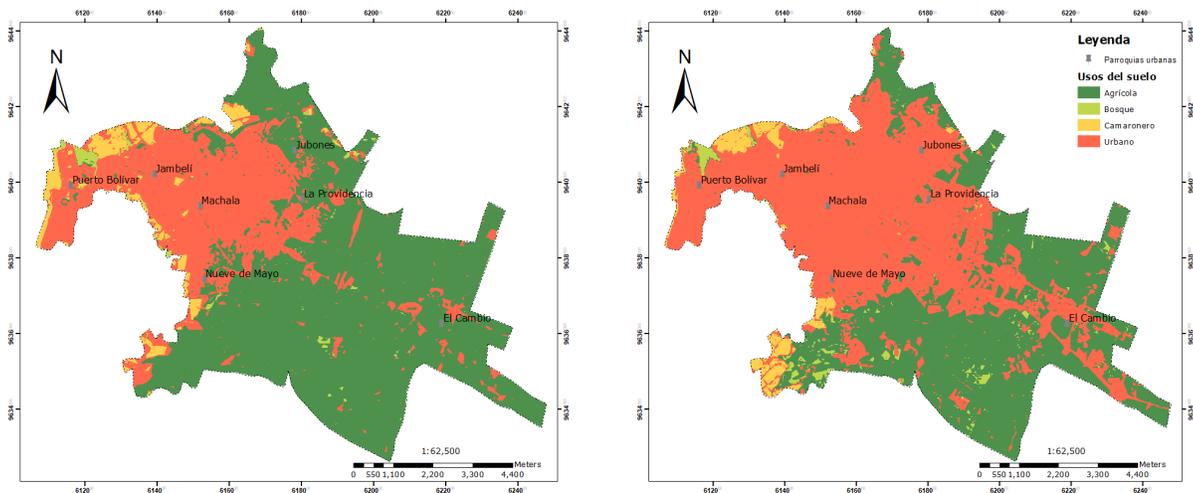


Figura 3. Mapa de la cobertura y uso del suelo del periodo 1991-2019

Análisis de los cambios, Cuando se elabora el análisis territorial de las zonas urbanizadas en una ciudad, se visualiza la transición en la cobertura y uso del suelo por determinados lapsos de tiempo, que han alterado no sólo

la forma de los asentamientos humanos, sino también la cubierta agrícola. En la zona ocurrieron 12 transiciones de ganancias y pérdidas (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de tabulación cruzada de uso del suelo del periodo 1991-2019 en hectareas

1991	2019				Total 1991	Pérdidas
	Urbano	Agrícola	Camaronero	Bosque		
Urbano	1908.89	84.53	82.6	18.31	2094.33	185.44
Agrícola	1487.23	2699.35	28.2	71.92	4286.7	1587.35
Camaronero	129.3	2.88	110.09	6.56	248.83	138.74
Bosque	35.08	18.89	3.17	13.42	70.56	57.14
Total 2019	3560.5	2805.65	224.06	110.21	6700.42	
Ganancias	1616.53	106.3	113.97	96.79		

El cambio más significativo es la transformación de suelo agrícola a urbano con 1487.23 ha, evidenciando una reducción en los suelos destinados a la producción de cultivos, seguido de la transición de suelo camaronero a urbano con 129.30 ha de superficie, mientras que 71.92 ha agrícolas cambiaron a bosque; evidenciando que la ciudad de Machala presenta una dinámica de cambio considerable, principalmente por las ganancias de territorio de suelo urbano; estos datos pueden apreciarse mediante el mapa de cambio de uso del suelo donde el 71% de la superficie no presentó cambios (Persiste), mientras que el 29.4% presentó cambios en el uso de la tierra (Figura 4).

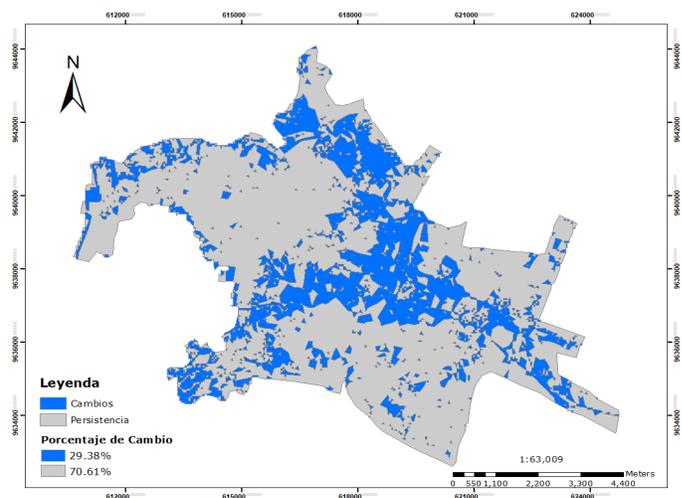


Figura 4. Mapa de cambio de cobertura y uso del suelo del periodo 1991-2019

Los resultados obtenidos con el cambio neto nos dieron un valor aproximado de los cambios ocurridos en la ciudad de Machala, sin embargo, no son suficientes para demostrar la dinámica en la superficie del territorio, en referencia a que no expresan datos de los intercambios ocurridos entre los cuatro usos de suelos, ni el cambio total durante los 28 años de estudio, en el sentido de que se

puede conocer el total de superficie que cambió en cada año, pero no indica si los usos de suelo han presentado transformaciones positivas y negativas en relación con los otros usos. Es por ello que se ha optado por realizar un cálculo de las pérdidas, ganancias y el intercambio de cada cobertura. (Tabla 3)

Tabla 3. Matriz de pérdidas y ganancias periodo 1991-2019

Coberturas de suelo	Cambios de uso del suelo del período 1991-2019 superficie (ha)						
	1991	2019	Cambio neto	Pérdida	Ganancia	Cambio Total	Intercambio
Urbano	2101.17	3572.63	1471.47	185.44	1616.53	1801.97	330.5
Agrícola	4294.7	2803.24	-1491.46	1587.35	106.3	1693.65	202.19
Camaronero	258.12	227.99	-30.13	138.74	113.97	252.71	222.58
Bosque	73.46	122.27	48.81	57.14	96.79	153.93	105.12

Al ser producto de la diferencia entre las categorías de 1991 - 2019, el cambio neto es menor al cambio total en todas las coberturas de suelo, debido a que este último, es calculado de acuerdo a la suma de las pérdidas y ganancias; como se puede observar la categoría que mayor cambio tuvo fue la Urbana, con un cambio total de 1801.97 ha y un intercambio de 330.5 ha, seguida de la agrícola con 1693.65 ha de cambio total y 202.19 ha correspondientes al intercambio, mientras que la categoría camaronero presentó 252.71 ha referentes al cambio total, con un intercambio de 222.58 ha de superficie, finalmente el bosque evidencio un cambio total de 153.93 ha y 105.12 ha de intercambio en usos y coberturas del suelo. En lo que respecta a las pérdidas de superficie del suelo agrícola es el que mayores transformaciones presentó, a diferencia del urbano cuyas ganancias son las más elevadas (Figura 5)

Prospectiva de uso del suelo 2019 - 2040, Para el año 2040, las coberturas del suelo de Machala presentaron 12 transiciones (Tabla 4), los suelos muestran una tendencia al cambio, principalmente por la transformación de suelo agrícola a urbano con 629.16 ha del territorio, mientras que las transiciones de superficie entre las coberturas Bosque, urbano y camaronero, no fueron significativas,

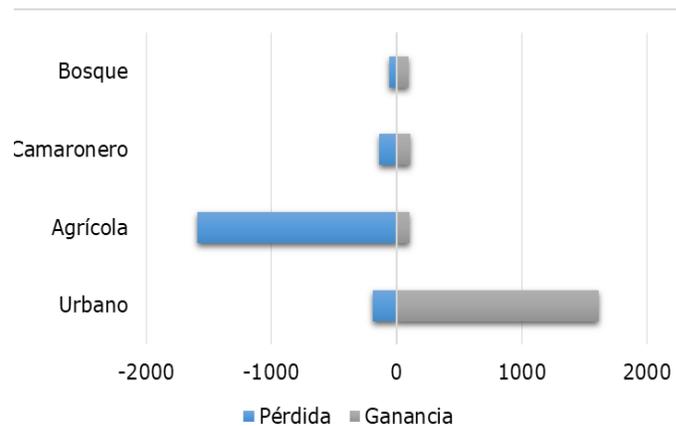


Figura 5. Pérdidas y Ganancias del período 1991-2019

siendo mayor la de suelo Urbano - camaronero con 51.32 ha, seguido de las coberturas Bosque - Agrícola con 19.71 ha; según Brandolini & Carrer (2020, citado en Brandolini et al., 2020) mencionan que *“El cambio de uso del suelo es un proceso dinámico que vincula los sistemas naturales y humanos”*(p. 212)

Tabla 4. Tabulación cruzada de uso del suelo del periodo prospectivo 2019-2040 en hectareas

2019	2040				Total 2019	Pérdidas
	Urbano	Agrícola	Camaronero	Bosque		
Urbano	3509.80	6.61	51.32	2.39	3570.12	60.32
Agrícola	629.16	2164.31	0.34	4.03	2797.84	633.53
Camaronero	3.47	0.01	222.64	0.24	226.36	3.72
Bosque	3.54	19.71	0.57	98.12	121.94	23.82
Total 2040	4145.97	2190.64	274.87	104.78	6716.26	
Ganancias	636.17	26.33	52.23	6.66		

El suelo urbano se mantiene y ocupa 3509.80 ha, en el sector agrícola ha persistido 2164.31 ha mismas que son importantes para el desarrollo económico del cantón por ser la base para la producción agrícola (Qian et al., 2020, p. 1). Se han mantenido 222.64 ha de camaroneras, mientras que los bosques únicamente se han conservado 98.12 ha de superficie.

El crecimiento urbano se encuentra caracterizado por el acelerado incremento de la población, desarrollo de actividades y una estructura que no se encuentra definida, lo que denota como resultado un cambio en la cobertura y uso del suelo (Choy et al., 2020). Como se puede observar (Figura 6), este proceso de expansión es acelerado, debido a la construcción horizontal en la periferia urbana derivada del bajo costo de tierras que son vendidas y ofrecidas en el mercado inmobiliario. Según Buzai, (2018), analizar la prospectiva es importante debido a que capta la dinámica del territorio para establecer escenarios futuros posibles que permitan la toma de acciones correctivas.

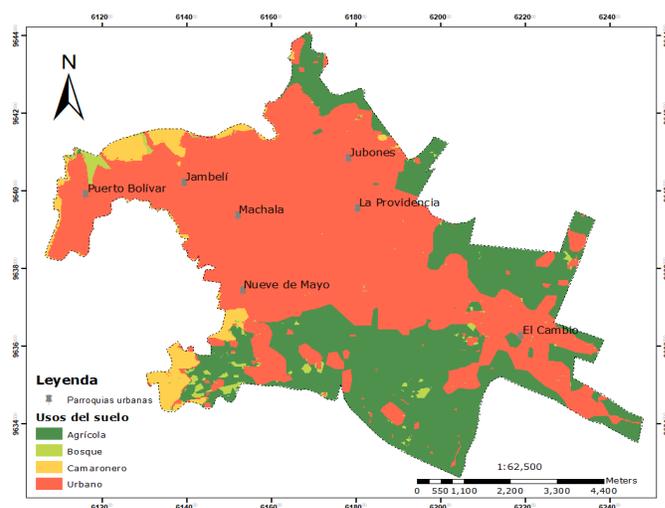


Figura 6. Modelo predictivo al año 2040 del cambio de uso del suelo de la ciudad de Machala

A continuación, se desarrolló una matriz de pérdidas y ganancias referente a la prospección del período 2019-2040, de la superficie en hectáreas de cada cobertura de suelo (Tabla 5) y su respectiva representación gráfica (Figura 7).

Tabla 5. Matriz de pérdidas y ganancias del periodo prospectivo 2019-2040

Coberturas de suelo	Prospección del período 2019-2040 superficie (ha)						
	2019	2040	Cambio neto	Pérdida	Ganancia	Cambio Total	Intercambio
Urbano	3572.63	4148.98	576.35	60.32	636.17	696.49	120.14
Agrícola	2803.24	2193.37	-609.87	633.53	26.33	659.86	49.99
Camaronero	227.99	278.91	50.92	3.72	52.23	55.95	5.03
Bosque	122.27	104.95	-17.32	23.82	6.66	30.48	13.16

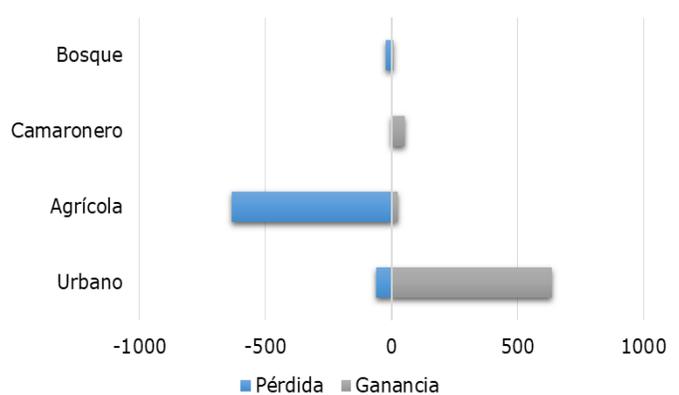


Figura 7. Pérdidas y Ganancias del período prospectivo 2019-2040

Urbano, esta cobertura de suelo presentó una pérdida de 60.32 ha, siendo considerado como un componente de uso neutro, es decir, presenta propiedades útiles para el cambio de uso y cobertura de suelo con la obtención de un valor agregado (Gudiño, 2018). Además alcanzó una ganancia de 636.17 ha, demostrando que el crecimiento urbanístico reduce la cobertura vegetal y agrícola, en consecuencia la absorción de radiación solar en el hormigón y pavimento aumenta, conduciendo a la formación de una isla de calor urbana, finalmente el suelo urbano obtuvo un intercambio total de 120.14 hectáreas en superficie, lo que denota una mayor variabilidad de esta cobertura con otras. **Agrícola**, este uso de suelo obtuvo una pérdida de 633.53 ha, en la actualidad esto representa pérdidas de rentabilidad y rendimiento productivo de las coberturas de suelo agrícola provocando variaciones en los usos que se le da al recurso, lo que da como resultado una reducción o extensión frente a otros tipos de usos que contribuyen a una búsqueda constante de nuevas alternativas productivas (Camacho-Sanabria et al., 2017). Por otro lado, presentó una ganancia de 26.33 ha, el intercambio total obtenido por parte del suelo agrícola fue de 49.99 hectáreas de superficie, lo que demuestra una menor variabilidad de cambio en relación a la cobertura de urbano. Cabe destacar, que la progresiva pérdida de estos suelos por su inadecuado manejo provocará afecciones directas a las garantías de seguridad alimentaria y a su vez, dará como resultado conflictos de uso (Burbano-Orjuela, 2016).

Camaronero, en lo que respecta a este uso de suelo se presentó una pérdida de 3.72 ha, resultado favorable debido a que la pérdida de suelo camaronero es una de las consideraciones y puntos más importantes para la protección de manglares, conociendo las afecciones que permiten plantear alternativas para mitigar cualquier impacto que se desarrolle por el uso de este tipo de suelos, lo que permitirá que las autoridades competentes busquen sancionar los daños generados hacia el ecosistema natural. En cuanto a la ganancia, esta fue de 52.23 ha, demostrando que el crecimiento de los suelos camaroneros ha ocasionado una preocupación constante sobre el cuidado del medio ambiente, esto provocado por la rápida transición del entorno que tiene como efecto el desarrollo de actividades económicas, y producto de esa situación se degrada el medio reemplazando ecosistemas naturales con acciones productivas como la instauración de camaroneeras; su intercambio total fue de 5.03 hectáreas, lo que muestra una baja variabilidad de cambio con otras coberturas.

Bosque, esta categoría de uso obtuvo una pérdida de 23.82 ha, hecho que confirma la pérdida de la cobertura arbórea, a la hora de ocasionarse este cambio entre coberturas de uso del suelo. Su ganancia fue de 6.66 ha, demostrando que dentro de la zona de estudio, se identificó una variación de hectáreas en cuanto a la cubierta boscosa durante los períodos que han sido analizados desde el año 2019-2040, incluso en líneas de tiempo anteriores a la presentada. Finalmente el intercambio total presentado por el uso de suelo bosque fue de 13.16 ha en superficie, lo que demuestra una variabilidad baja seguida de la cobertura agrícola. La reducción de la cobertura boscosa en las zonas urbanas, implica la pérdida de servicios ecosistémicos como: capturar carbono, presencia de especies faunísticas, regulación de los recursos hídricos y clima, acciones que contribuyen al mantenimiento de una calidad ambiental alta que mejora el bienestar de la población (Arroyave-Maya et al., 2019). El bosque de manglar, además de brindar protección costera contra la erosión eólica y el oleaje, son almacenes de carbono azul, por lo que ayudan en la regulación del CO₂ atmosférico (Velázquez-Pérez et al., 2019).

El área urbana continúa expandiéndose y gana terreno a la agricultura; el banano y camarón son consideradas las industrias más importantes, debido a que no solo contribuyen en la producción de fuentes de trabajo dentro de sus instalaciones, también aportan en el incremento de inversionistas, compradores (nacionales y extranjeros), hospedaje, construcción y manufactura, situación que los hace fundamentales para el desarrollo económico en la zona. El modelo por cadenas espaciales de Markov aplicado, brindó información visual acerca del incremento de la mancha urbana, misma que se encuentra adherida a las construcciones previamente establecidas, este patrón de crecimiento es el más recurrente en este tipo de análisis (Jiménez, 2019).

Estos procesos de expansión urbana producto del desarrollo de las ciudades generan impactos irreversibles en los suelos donde se desarrolla vegetación natural y la agricultura (Zhang et al., 2020). Debido a este fenómeno demográfico han incrementado las zonas urbanizadas, se han disminuido los territorios dedicados a las actividades agrícolas, además las nuevas distribuciones espaciales ubicadas en los límites de la ciudad, no son rurales, ni consideradas completamente urbanas, más bien representan un paisaje periurbano reciente.

Como consecuencia del desarrollo urbanístico, se presenta una alarmante expansión en cuanto a coberturas del suelo y afecciones al medio ambiente, además de la transformación de zonas ecológicas de gran importancia a tierras de cultivo y los suelos fértiles a zonas urbanizadas.

Los esfuerzos de conservación deberían centrarse en la eficiencia y la administración correcta de los recursos económicos con los que se cuenta (Kok et al., 2020). El crecimiento vertical urbanístico como alternativa de desarrollo y planificación territorial, desde la perspectiva de Sánchez et al., (2016, citado en Sosa et al., 2019) surge por la necesidad de ocupar menor espacio en la superficie del suelo para un desarrollo urbanístico sustentable, al momento de analizar la densificación por medio de agrupaciones de viviendas verticales es importante destacar como característica principal que permite medir y promover los crecimientos habitacionales compactos. Por otro lado, Negrón (1996, citado en Félix, 2015) indica que el crecimiento urbanístico vertical **“podría frenar los problemas de alteración del equilibrio ecológico y de destrucción del medio ambiente, aprovechando al máximo el territorio y recursos existentes en el mismo, controlando el consumo de suelo y evitando la dispersión de la población”** (p.35). Siendo esta una de las estrategias de construcción más respetuosas con el ambiente. Finalmente, estas estrategias de ordenamiento territorial están pensadas para áreas donde el crecimiento poblacional se encuentra en expansión y se quiere evitar impactos negativos sobre suelos con alto valor ambiental, buscando establecer una relación ‘suficiente’ entre la base de recursos y la población.

CONCLUSIÓN

Los cambios de uso del suelo ocurridos en la ciudad de Machala durante los períodos de 1991 - 2019, están asociados a la pérdida de 1587.35 hectáreas de cobertura Agrícola, y ganancias de 1616.53 hectáreas de la cobertura urbana, este cambio permitió conocer el constante crecimiento de las zonas urbanas y la presión que ejerce principalmente a las zonas agrícolas donde se observaron las mayores pérdidas de superficie. Con el análisis del modelo prospectivo del año 2040, se presentó una disminución del suelo agrícola por la constante tendencia al cambio de la cobertura urbana en el territorio, confirmando que las zonas urbanizadas continuarán presionando a los sistemas agroproductivos, lo que puede evidenciarse con la pérdida de tierras que son transformadas a zonas urbanas consolidadas. Es necesario aplicar un ordenamiento urbano-ambiental, para dar solución a los problemas de uso del suelo generados en el área de estudio y enfocarse en alternativas de desarrollo urbanístico sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alawamy, J. S., Balasundram, S. K., Mohd. Hanif, A. H., & Boon Sung, C. T. (2020). Detecting and Analyzing Land Use and Land Cover Changes in the Region of Al-Jabal Al-Akhdar, Libya Using Time-Series Landsat Data from 1985 to 2017. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 12(11), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su12114490>
- Arroyave-Maya, M., Posada-Posada, M., Nowak, D., & Hoehn, R. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. *Colombia Forestal*, 22(1), 5–16. <https://doi.org/10.14483/2256201X.13695>
- Brandolini, F., Reynard, E., & Pelfini, M. (2020). Multi-temporal mapping of the Upper Rhone Valley (Valais, Switzerland): fluvial landscape changes at the end of the Little Ice Age (18th–19th centuries). *Journal of Maps*, 16(2), 212–221. <https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1724837>
- Buzai, G. D. (2018). Crecimiento urbano y potenciales conflictos entre usos del suelo en el municipio de Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Modelado espacial 2016-2030. In *Cuadernos Geográficos* (Vol. 57, Issue 1). <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i1.5656>
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117–124. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J. M., Balderas-Plata, M. Á., & Sánchez-López, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 39–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>

- Choy, L. K., Jaafar, M., Halime, L. A. R., Asnawi, N. H., & Rose, R. A. C. (2020). Analysis of land use and land cover change of Sidon City, Lebanon. *Malaysian Journal of Society and Space*, 16(3), 108–120. <https://www-scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85071887657&origin=result-slist&sort=plf-f&src=s&sid=09a850bcc8e66867a1a-56f2a4ae9cd8&sot=b&sdt=b&sl=80&s=TI-TLE-ABS-KEY%28Analysis+of+land+use+and+land+cover+change+of+Sidon+City%2c+Lebanon%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
- Félix, P. A. (2015). "Impactos del crecimiento vertical en la expansión de la zona conurbada de Querétaro" [Universidad Autónoma de Nuevo León]. <https://core.ac.uk/download/pdf/76602099.pdf>
- Gudiño, M. E. (2018). Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. Interfaz urbano-rural, zona metropolitana de Mendoza, 50(2), 155–172. <https://www-scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85057155273&origin=result-slist&sort=plf-f&src=s&sid=2df2cb2fba5e-f9edaf6cd29a9d715ef4&sot=b&sdt=b&sl=133&s=TI-TLE-ABS-KEY%28Regulaci%3%b3n+del+mercado+para+conservar+suelo+agr%3%adcola.+Interfaz+urbano-rural%2c+zona+metropolitana+de+Mendoza%2c+Argentina.%29&relpos=0&citeCnt=3&searchTerm=>
- Guo, A., Zhang, Y., & Hao, Q. (2020). Monitoring and Simulation of Dynamic Spatiotemporal Land Use/Cover Changes. *Complexity*, 2020, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2020/3547323>
- Hasan, S., Shi, W., Zhu, X., Abbas, S., & Khan, H. U. A. (2020). Future Simulation of Land Use Changes in Rapidly Urbanizing South China Based on Land Change Modeler and Remote Sensing Data. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 12(11), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su12114350>
- Homer, C., Dewitz, J., Jin, S., Xian, G., Costello, C., Danielson, P., Gass, L., Funk, M., Wickham, J., Stehman, S., Auch, R., & Riitters, K. (2020). Conterminous United States land cover change patterns 2001–2016 from the 2016 National Land Cover Database. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 162, pp. 184–199). <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.02.019>
- Jiménez, E. L. (2019). Cadenas de Markov espaciales para simular el crecimiento del Área Metropolitana de Toluca, 2017-2031. *Economía, Sociedad Y Territorio*. <https://doi.org/10.22136/est20191324>
- Kok, A., Oostvogels, V. J., de Olde, E. M., & Ripoll-Bosch, R. (2020). Balancing biodiversity and agriculture: Conservation scenarios for the Dutch dairy sector. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 302, 107103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107103>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Machala. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Machala Actualización 2018*. https://www.machala.gob.ec/PDF/Planes/PDOT_2018.pdf
- Qian, F., Chi, Y., Lal, R., & Lorenz, K. (2020). Spatio-temporal characteristics of cultivated land fragmentation in different landform areas with a case study in Northeast China. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1800415>
- Salazar, E., Henríquez, C., Durán, G., Qüense, J., & Puente-Sotomayor, F. (2021). How to define a new Metropolitan Area? The case of Quito, Ecuador, and contributions for urban planning. *Land*, 10(4), 413. <https://doi.org/10.3390/land10040413>
- Sosa, M. R., Flores, E. S., & Moreno, y. G. G. (2019). Vivienda vertical social vertical social housing en la frontera norte on the northern border de México: criterios of Mexico: criteria para una densificación for sustainable sustentable1 densification. s), *inforavit Eco*, 2, 000. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582019000100167>
- Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berney, E. I., & De Jesús-Navarrete, A. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885>
- Zhang, Y., Hu, Y., & Zhuang, D. (2020). A highly integrated, expansible, and comprehensive analytical framework for urban ecological land: A case study in Guangzhou, China. *Journal of Cleaner Production*, 268, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122360>

DINÁMICA DE CAMBIO DE COBERTURA/USO DE SUELO: ESCENARIOS PROSPECTIVOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILLAYACU

DYNAMICS OF CHANGE COVER / SOIL USE: PROSPECTIVE SCENARIOS IN THE CHILLAYACU RIVER SUB-BASIN

Andrango Rodríguez Brigitte Estefanía¹E-mail: bandrango1@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1264-9977>Romero Cruz Katherin Geanella¹E-mail: kromero3@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5606-2548>Maza Maza Jaime Enrique¹E-mail: jemaza@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-5165>¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Andrango Rodríguez, B. E., Romero Cruz, K. G., Maza Maza, J. E. (2022). Dinámica de cambio de cobertura/uso de suelo: Escenarios prospectivos en la subcuenca del río Chillayacu. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 228-236. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En los últimos 20 años, Ecuador ha sufrido transformaciones en su cobertura vegetal y uso de suelo a causa del acelerado y desordenado crecimiento poblacional, han ejercido presión sobre las tierras con gran potencial. La investigación tiene como objetivo diseñar un modelo prospectivo de la Subcuenca del río Chillayacu, a partir del análisis de cambios de cobertura para el año 2030. Al procesar los datos cartográficos en el Software ArcGIS versión 10.2, se procedió al análisis de cada categoría en ambos periodos estudiados. Para el análisis de los cambios se hizo una comparación cruzada CROSSTAB en el software IDRISI selva y para el modelo prospectivo se utilizó el método de cadenas de Márkov y Autómatas Celulares de CA_Márkov. Los resultados muestran un cambio del 24.04% de la superficie y las conversiones que más destacaron fue de bosque a tierra agropecuaria con un porcentaje de 18,56%. De tal forma para el año 2030, siguen manifestándose cambios, en la zona agrícola presenta un aumento de 1330,47 ha. Sin embargo, el bosque presenta una disminución de 1368,94 ha. Actualmente, se requiere que las autoridades tomen medidas, estrategias, planificación y gestión en el ordenamiento territorial para el adecuado uso de los recursos.

Palabras clave:

Cambio de uso de suelo, subcuenca hidrográfica, río Chillayacu, cobertura vegetal, mapa prospectivo.

ABSTRACT

In the last 20 years, Ecuador has undergone transformations in its vegetation cover and soil use due to the accelerated and disorderly population growth. They have exerted pressure on lands with great potential. The research aims to design a prospective model of the Chillayacu River Sub-basin, based on the analysis of coverage changes for the year 2030. When processing the cartographic data in the ArcGIS Software version 10.2, each category was analyzed in both periods studied. For the analysis of the changes, a CROSSTAB cross comparison was made in the IDRISI jungle software and for the prospective model the method of Markov chains and CA_Markov Cellular Automata was used. The results show a change of 24.04% of the surface and the conversions that stood out the most were from forest to agricultural land with a percentage of 18.56%. Thus, for the year 2030, changes continue to appear, in the agricultural area there is an increase of 1330,47 ha. However, the forest shows a decrease of 1368,94 ha. Currently, the authorities are required to take measures, strategies, planning and management in land use planning for the proper use of resources.

Keywords:

Land use change, hydrographic sub-basin, Chillayacu river, vegetation cover, prospective map.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han producido cambios en la cobertura y uso de suelo a causa del ser humano. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la actividad agrícola a nivel nacional refleja una superficie de 5110,54 hectáreas, donde el 16.1% representa un suelo cultivable de pasto. Esta problemática es común ver en las subcuencas hidrográficas porque dichos cambios se desarrollan cerca de un cuerpo de agua o áreas pobladas, siendo esta la principal causante de la deforestación (Galindo Aguilar et al., 2019).

La subcuenca del Río Chillayacu se caracteriza por ser una zona productiva con una superficie de 18156,92 hectáreas, sin embargo, la dinámica de la cobertura se ha ido modificando para el establecimiento de otras categorías, para el año 2018 la actividad antrópica tuvo un incremento de 30,33 hectáreas junto a la actividad agropecuaria con 3.869,80 hectáreas, reduciéndose el paisaje a fragmentos de bosque con 3.237,32 hectáreas. Este cambio puede generar alteraciones a menor o mayor escala, principalmente por el impacto del crecimiento poblacional, las tasas de deforestación, inundaciones y sequías han incrementado los procesos de cambio (Gordillo-Ruiz and Castillo-Santiago, 2017). Por lo tanto, en las zonas altas de la cuenca hídrica son las que mantienen en conservación los remanentes de bosque primario a diferencia de la zona media y baja, la existencia del mismo ha sido intervenida.

Es importante realizar una prospección de los cambios de uso de suelo, para desarrollar estrategias que nos permitan regular dichos impactos hacia un adecuado manejo de los recursos naturales. Lo prospectivo se lo define como la fase intermedia, comenzando con el diagnóstico y la propuesta, dando lugar a un conjunto de análisis e interpretación de la información generada con el objeto de explorar o predecir el futuro y tomando las decisiones correctas en el momento apropiado. Camacho-Sanabria et al., (2017) en su investigación menciona que los estudios asociados al cambio de uso de una superficie se requiere establecer mapas de las coberturas en un periodo determinado para poder saber los riesgos a futuro.

La problemática de la transformación del uso de suelo se relaciona con el crecimiento humano y la agricultura, generando un desequilibrio de los recursos naturales por la sobreexplotación, demanda de servicios, construcción de vías y viviendas. Esto sin la debida planificación del territorio ha provocado cambios significativos, como el decrecimiento de la calidad de la vegetación (Esquivel Ceballos et al., 2019). Por ello, nos hemos planteado la hipótesis que la actividad agropecuaria seguirá generando presión en la pérdida de la cobertura forestal para el año 2030. El objetivo de la Investigación consiste en diseñar un modelo prospectivo de la Subcuenca del río Chillayacu, a partir del análisis de cambios de cobertura y uso del suelo en un periodo de 18 años, lo que permitirá conocer la probabilidad de cambio de las actividades productivas y su acción acelerada para el año 2030.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La subcuenca del río Chillayacu se localiza en la provincia de El Oro entre el cantón Chilla, las parroquias Guanazan y Abañin pertenecen al cantón Zaruma; y la parroquia Uzhcurrumi del cantón Pasaje. La superficie que abarca el área de estudio es de 18154,22 hectáreas y dentro de esta se forman afluentes que constituyen la principal fuente de suministro de agua para la población, desembocando en el Río Jubones (Figura 1).

Dentro del área de estudio se han venido desarrollando diversas actividades productivas que han llevado a cambiar la dinámica del suelo, que por sus características climatológicas se desarrolló una gran variedad de cultivos como café, cacao, maíz, árboles frutales. Por otro lado, posee dos tipos de clima, el clima Ecuatorial frío de alta montaña con una temperatura máxima de 20°C y la temperatura mínima fluctúa entre 4 a 8°C; el clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo con una temperatura media anual de 12 a 20°C. La altitud es de 3680 m.s.n.m. hasta 440msnm, representando muchas elevaciones destacando la cordillera de Chilla.

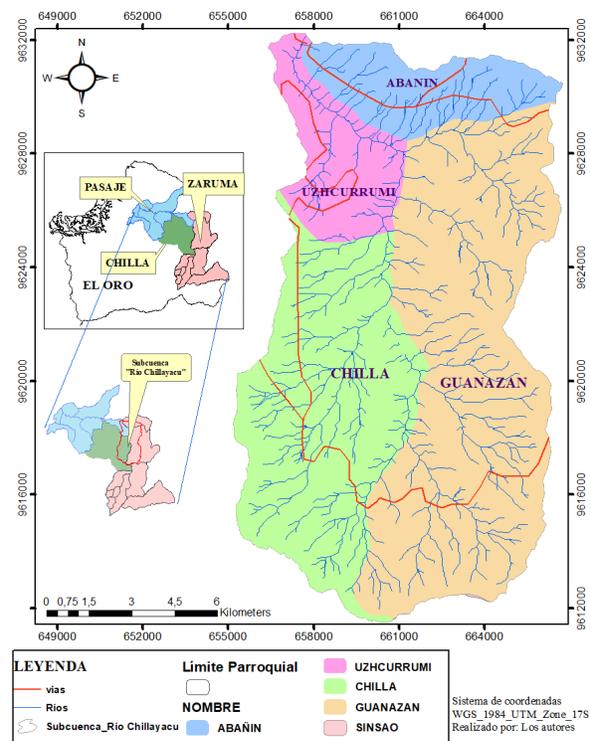


Figura 1: Localización del área de estudio

Obtención de información cartográfica

Se obtuvo información cartográfica de la cobertura y uso de la Tierra en el portal web del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. En la Guía Interactiva se

seleccionó las capas de los años 2000-2018 a escala 1:100.000, donde se identificaron categorías de primer nivel que corresponde a bosque nativo, zona antrópica, Tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea; de forma adicional se agregó vías y ríos. Estos datos cartográficos y teóricos, son fundamentales para la investigación porque permite observar la evolución de ambos periodos estudiados de acuerdo a lo suscrito por Nené-Preciado et al., (2017). Toda la información correspondiente al área de estudio se procesó y almacenó en el software ArcGIS versión 10.2, con el uso de la herramienta SIG se cortó las capas correspondientes al área de estudio identificando el área y perímetro de la subcuenca hidrográfica.

Según Pardo-Carrasco, (2017), su aplicación se basa en la selección de zonas de producción, modelos dinámicos y estudio de la relación entre variables, es decir, se agrega datos estadísticos y cartográficos, para evaluar la relación de los datos y los posibles impactos hacia el ecosistema. En base a esto se comparó los periodos de 2000-2018; 2018-2030 utilizando el método de cadena de Markov, indicado por Paegelow, et.al.,(2003). Bajo este método en el software de Excel se estableció una matriz

en donde a cada cobertura se le asignaba un código, las columnas hace referencia al segundo periodo (t2), mientras que las filas reflejan las coberturas del primer periodo (t1). Las variables que se presentan en forma diagonal son aquellas actividades que no han sufrido cambios, en cambio los que se encuentra afuera ha cambiado su uso para otra actividad (Cuadro 1). Los códigos fueron agregados en los mapas cartográficos donde se los transformó en ráster para luego importarlo (imagine) al software IDRISI selva, en módulo CROSSTAB se valora la superposición de las categorías.

Mediante la superposición cartográfica y bajo el análisis anterior; en la herramienta CROSSTAB, se generó una matriz de probabilidad de cambio asignando nuevos códigos a cada categoría en donde se selecciona una serie de categorías para luego medirlas y describirlas cada una de ellas, de acuerdo con Dávila Rodríguez et al., (2021). Este método permite identificar estadísticamente los patrones de cada variable al ser asociada con otra, para luego evaluar los posibles impactos como lo indica Pardo-Carrasco (2017), obteniendo como resultado un mapa de los cambios de uso de suelo entre el año 2000-2018 (Figura 2).

Cuadro 1. Matriz de códigos de la tabulación cruzada entre los años 2000-2018

Cobertura/uso de suelo		t2				
		Código	Bosque	Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica
			10	20	30	40
t1	Bosque	1	11	21	31	41
	Tierra Agropecuaria	2	12	22	32	42
	Vegetación arb y herb	3	13	23	33	43
	Zona Antrópica	4	14	24	34	44

Se realizó un análisis de pérdida y ganancia de los cambios de uso de suelo entre los años 2000-2018; 2028-2030, tomando como referencia los datos obtenidos de la matriz de transición. En base a los mapas elaborados en la fase anterior, se elaboró el mapa prospectivo para el año 2030 en el software IDRISI selva, se utilizó los módulos cadena de Márkov para la predicción de los cambios a futuro y el módulo de Autómatas Celulares de CA_Márkov.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambio de la cobertura y uso de suelo para el año 2000-2018, en la (Tabla 1), se evidencia mayor cambio de

superficie en las coberturas de tierras agropecuarias y bosque. Para el año 2018 se presenta un aumento de la tierra agropecuaria con un cambio neto de 3869,80 hectáreas y una tasa de cambio de 37 %. Para el bosque fue todo lo contrario, la cubierta vegetal disminuye con un cambio neto 3237,32 hectáreas y con una tasa de cambio de -43%. Con respecto a la cobertura arbustiva y herbácea el cambio neto es significativo con una superficie de 662,80 hectáreas y una tasa de cambio de -67%, la zona antrópica es poco significativa con un cambio neto de 30,33 hectáreas y una tasa de cambio con un porcentaje de 55%.

Tabla 1. Cobertura y cambio neto entre los años 2000-2018 en hectáreas

Categorías	Bosque	Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica
Cobertura y uso de suelo año 2000 (ha)	5638,42	10453,28	2010,40	54,81
Cobertura y uso de suelo año 2018 (ha)	2401,10	14323,08	1347,60	85,14
Cambio neto entre 2000-2018 (ha)	3237,32	3869,80	662,80	30,33
Tasa de cambio (%)	-43	37	-67	55

En la Figura 2, se evidenció un notable cambio de la cobertura en el uso de bosque a tierra agropecuaria, la subcuenca del río chillayacu posee un tipo de suelo arcilloso-arenoso y pedregoso, al ser un suelo fértil es considerado apto para la producción de una gran variedad de cultivos como plantaciones de ciclo corto, cacao, maíz. Sin embargo, las prácticas de conservación son inadecuadas. El bosque se ha ido reduciendo dando paso a la extensión de la zona agrícola, esto se debe a que las actividades desarrolladas dentro del área han provocado daños como: la deforestación, pérdida de la biodiversidad y desequilibrios climáticos. Es notorio observar que la producción de cultivos de ciclo corto como yuca, mandarina, naranja, café, árboles frutales y el incremento de forraje, al igual que; la expansión y abandono han dejado a los suelos desprotegidos especialmente en la zona media y baja del área, dando paso a la conversión del suelo para el establecimiento de pastizales (Escalona-Maurice et al., 2017). Ante la presión del hombre el suelo agrícola se está expandiendo de manera descontrolada producto del asentamiento desordenado de las actividades antrópicas, dando paso a la construcción de vías e infraestructuras (Guevara Romero 2017). Por consiguiente, al ser removidas cambian su composición natural para dar paso a otros usos.

Mediante el análisis de la cobertura y uso de suelo en el periodo de tiempo estudiado, se observó los cambios significativos, debido a las modificaciones tanto espacial como del uso del suelo, donde los agricultores deben adaptarse al nuevo patrón espacial; estos cambios ocasionan a que el suelo sea susceptible a la erosión, pérdida de la cubierta vegetal especialmente en zonas pronunciadas por el arrastre del suelo en tiempo de lluvia quedando un suelo de bajo potencial para el cultivo (Martínez-Sifuentes et al., 2020). En la Figura 3 se evidencia que la dinámica de transformación en la subcuenca del río Chillayacu, es considerable, es decir; ha sufrido cambios durante el tiempo determinado con un porcentaje del 24%, mientras que el 76% de la superficie no ha sufrido cambios (se mantuvo).

En la zona se identificaron 11 tipos de transiciones entre categorías donde se calculó las ganancias y pérdidas de la superficie (Cuadro 2). El cambio más significativo es la transformación de bosque a tierra agropecuaria 3369,52 hectáreas, reflejando una reducción de la cobertura forestal para fines de pastoreo, seguido de la transición de suelo arbustiva y herbácea a tierra agropecuaria con 729,81 hectáreas de superficie, mientras que 23,91 hectáreas de bosque cambiaron a vegetación arbustiva.

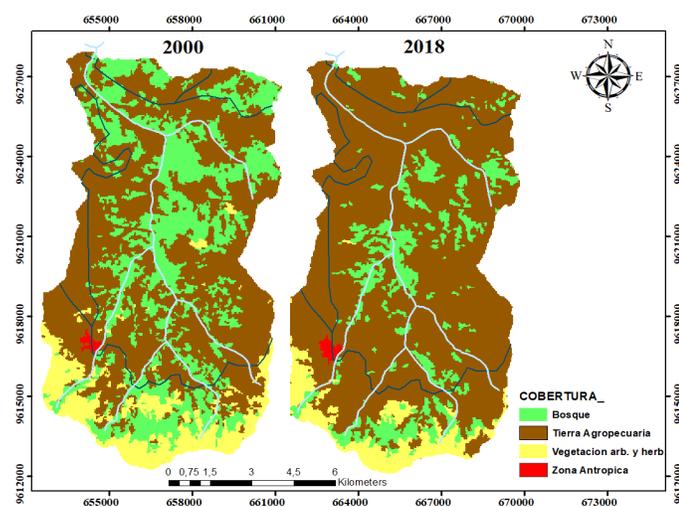


Figura 2. Mapa de la cobertura y uso del suelo del año 2000 -2018

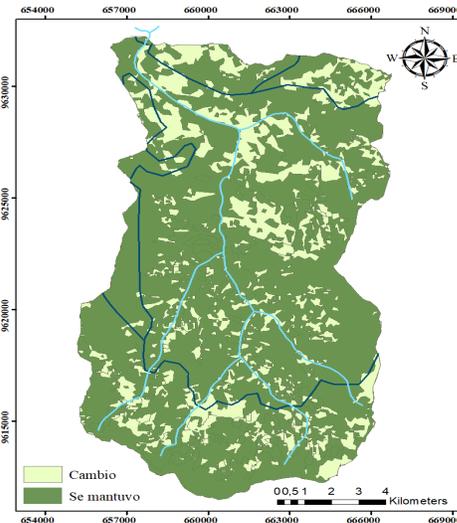


Figura 3. Mapa de cambio de cobertura y persistencia entre los años 2000-2018

Cuadro 2. Matriz de transición de las categorías de uso de suelo entre 2000- 2018

Cobertura/uso de suelo Bosque		2018					
		Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica	Total 2000	Pérdida	
2 0 0 0	Bosque	2255,2	3369,52	23,91	0	5648,6	3393,43
	Tierra Agropecuaria	124,21	10220,70	65,17	28,99	10439,07	218,37
	Vegetación arb y herb	23,49	729,81	1256,48	0	2009,7	753,30
	Zona Antrópica	0	0	0	56,71	56,71	0
	Total 2018	2402,9	14320,03	1345,56	85,7	18154,22	
	Ganancia	147,70	4099,33	89,08	28,99		

El cambio neto obtenido de la diferencia entre los dos periodos refleja un valor escaso predictivo. Por tal razón, el cálculo de la pérdida y ganancia permite conocer de forma clara el comportamiento dinámico de la cobertura. La cobertura forestal es la que mayor transformación que presentó, a diferencia de la tierra agropecuaria cuyas ganancias son las más elevadas, entre el 2000-2018. Para Müller et al., (2020), la demanda de los bienes y servicios en relación a los diferentes pisos altitudinales han producido cambios en la cobertura vegetal. En especial el crecimiento de la actividad ganadera está modificando el balance de los nutrientes, ante la falta de técnicas de conservación del suelo y control de las actividades, han llevado al abuso de los recursos naturales acabando con estos.

Con respecto al bosque se puede observar una pérdida significativa de 3393,43 hectáreas, es decir existe una disminución de los bienes y servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta que representa un papel importante en el bienestar y desarrollo económico de la población, en cambio el suelo para uso agrícola ha ido aumentando con una ganancia de 4099,33 hectáreas, esto se debe a la creciente demanda en el consumo de alimentos de la población, sin embargo la zona antrópica refleja una ganancia poco significativa de 28,99 hectáreas (Figura 4)

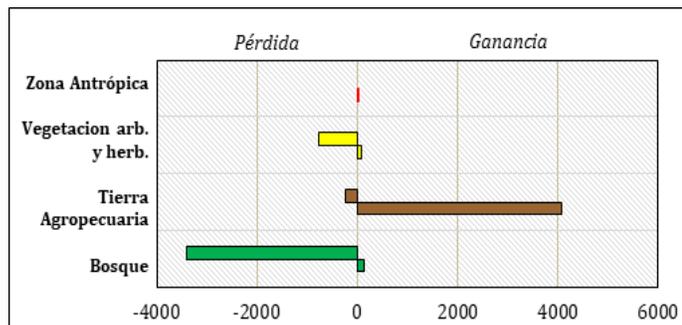


Figura 4. Pérdidas y Ganancias entre 2000-2018

Mapa prospectivo para el año 2030

Para el diseño del mapa prospectivo, se seleccionó como base capas cartográficas del periodo 2000-2018 anteriormente analizadas, de esta forma lo prospectivo, se la

define como escenarios a futuro donde la trayectoria de las variables cambia por una serie de cálculos de probabilidad de transición (Palomeque de la Cruz and et al. 2017), y con los resultados se podrá evaluar cada una de las actividades socioeconómicas dentro del área, permitiendo que las autoridades competentes conozcan el alcance de la modificación del territorio y tomen las decisiones correctas en el momento apropiado para una adecuada planificación del mismo (Escalona-Maurice et al., 2017).

En la figura 5, se observa cuatro categorías de uso de suelo correspondiente al año 2030, siendo la actividad agropecuaria la que tiene mayor demanda de uso, cubriendo un porcentaje de 86,22% de superficie, seguido el bosque con un porcentaje de 7,54%, esta categoría es de mayor importancia al brindar a la población beneficios como servicios ambientales y la disponibilidad del recurso hídrico; la vegetación arbustiva y herbácea representa el 5,76% de superficie y la zona antrópica un porcentaje bajo de 0,48 % de uso de suelo.

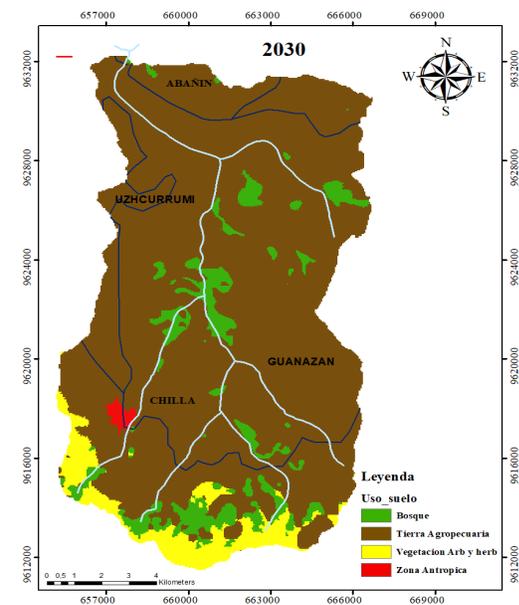


Figura 5. Modelo predictivo al año 2030 del cambio de cobertura y uso de suelo en la Subcuenca del río Chillayacú

En la proyección para el año 2030 se puede observar que la actividad agrícola sigue siendo la principal causante del cambio de uso del suelo, teniendo una extensión de 15653,55 hectáreas al contrario del bosque que durante el lapso de tiempo de estudio ha ido reduciendo su cobertura a 1368,94 hectáreas, sobre todo la sobreexplotación y el manejo insostenible de la tierra han provocado el deterioro del mismo cambiando su uso para otra actividad.

La vegetación arbustiva y herbácea cubre una superficie de 1045,28 hectáreas; mientras que la zona antrópica cubre las 87,44 hectáreas (tabla 2). Ante esta problemática la población se ve obligada a abandonar sus tierras buscando generar ingresos económicos para sustentar a sus familias, ante la falta de apoyo a iniciativas agro-productivas por parte del estado, así como programas de conservación y del uso sostenible de los recursos.

Tabla 2. Prospección de las coberturas para los años 2018-2030 en hectáreas

Categorías	Bosque	Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica
Cobertura y uso de suelo 2018	2401,10	14323,08	1347,60	85,14
Cobertura y uso de suelo 2030	1368,94	15653,55	1045,28	87,44
Cambio neto entre 2018-2030 (ha)	1032,16	1330,47	302,32	2,30
Tasa de cambio	-57	9	-78	3

Cambio de la superficie del suelo entre los años 2018-2030

Con el modelo prospectivo se obtiene 13 tipos de transiciones (cuadro 3), donde el cambio de uso de la zona antrópica a tierra agropecuaria, así como el cambio de vegetación arbustiva y herbácea a bosque es poco significativo; al contrario del cambio de tierra agropecuaria a bosque representado una superficie de 33,27 hectáreas esta transformación es positiva, por la adecuada planificación del recurso mejorando las condiciones ambientales ante la amenaza del avance de las tierras agrícolas.

El sector agropecuario creció en los últimos años por las actividades comerciales presentando una transformación de bosque a tierra agropecuaria con una superficie de 1056,21 hectáreas, al referirse sobre este acontecimiento indica que es el sustento económico, pese que genera un

cambio significativo en la cobertura del suelo debido a que se expande a otras áreas más fértiles. Este proceso de expansión es acelerado y la ausencia de una agricultura tecnificada ha provocado la alteración de ecosistemas y erosión del suelo. Cuando la calidad del suelo es baja, la productividad se ve afectada, es decir, la tierra agrícola se ve obligada a cambiar a otro uso e incluso llegan a abandonar su tierra (Sepúlveda-Varas et al., 2019).

El aumento de la actividad agropecuaria está asociada a satisfacer las necesidades de alimento, este patrón de crecimiento es el más recurrente en el uso actual de la tierra, frente a este fenómeno han incrementado las actividades de producción, como efecto, se han disminuido los bosques naturales (nativos), además el mal manejo de los mismos a corto plazo no es el adecuado, obstruyendo el paisaje rural.

Cuadro 3. Matriz de transición, pérdida y ganancia entre 2018-2030

Cobertura/uso de suelo Bosque		2030					
		Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica	Total 2018	Pérdida	
2 0 1 8	Bosque	1352,96	1056,21	16,86	0,21	2426,24	1073,28
	Tierra Agropecuaria	33,27	14258,92	6,2	4,22	14302,61	43,69
	Vegetación arb y herb	36,32	292,67	1001,84	0	1330,83	328,99
	Zona Antrópica	0	5,05	0	80,4	85,45	5,05
	Total 2030	1422,55	15612,85	1024,90	84,83	18145,13	
	Ganancia	69,59	1353,93	23,06	4,43		

Bosque, esta categoría de uso obtuvo una pérdida de 1073,28 ha, resultado alarmante y no favorable porque se evidencia deforestación, producto de la tala indiscriminada junto a otros factores, por tal razón existe poco almacenamiento de carbono y erosión. Según Navarro-Garro et al., (2017) es un servicio ecosistémico beneficioso que permite regular el recurso hídrico, lamentable que al ser destruido acarrea problemas en la calidad de vida de la población. Es así que su ganancia fue de 69,59 ha, para los productores no será sustentable su economía, y se generará más presión al no satisfacer sus necesidades.

Tierra Agropecuaria, en lo que respecta a este uso del suelo se observa una pérdida de 43,69 ha, hecho que confirma que las prácticas insostenibles e intensificación, son causas significativas de la pérdida de ecosistemas. En cambio, su ganancia de 1353,93 hectáreas, equivale a que aproximadamente toda la superficie agropecuaria pasa una rápida transición, su rentabilidad es alta cuyo rendimiento productivo se enfoca en mantener su seguridad alimentaria sin importar el apoderamiento de otras coberturas de uso del suelo.

Vegetación arbustiva y herbácea, en el presente uso se obtuvo una pérdida de 328,99 ha, en la actualidad esto representa pérdidas nativas, al ser destruidas para ser reemplazada por cultivos y pastizales para ganado vacuno y otros tipos de uso, cuyos patrones espaciales se comprueba la transformación. En cuanto a la ganancia, presentó el 23,06 ha. Según Pérez et al.,(2019) la aproximadamente la arbustiva pasa por una transformación de interés al forraje, lo que ha devenido un tema muy polémico y complejo en otra parte del mundo en especial en regiones áridas dependiente de las actividades humanas para cubrir sus necesidades.

Zona antrópica, esta cobertura presentó una pérdida de 5,05 ha, siendo considerado poco significativo, durante el periodo de 12 años, estos cambios son producto de los factores subyacentes. Según Ellis et al., (2017) son procesos sociales que apoyan de forma directa al cambio, donde el crecimiento demográfico, el crecimiento del mercado y la demanda son considerados factores directos. Además, alcanzó una ganancia de 4,43 ha, demostrando que el crecimiento poblacional no reduce las coberturas.

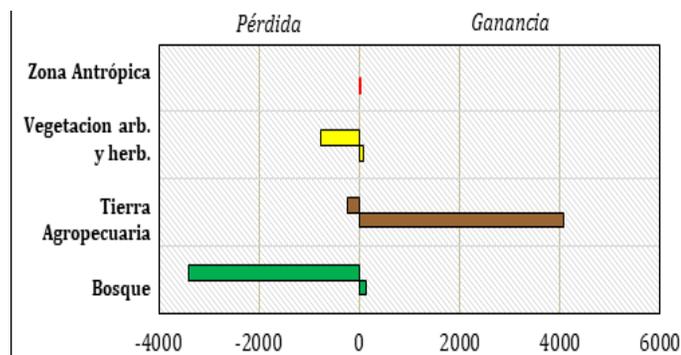


Figura 6. Ganancia y pérdida entre 2018-2030

Pérdida de bosque en la subcuenca chillayacu, la tierra agropecuaria continúa expandiéndose y ganando terreno sobre la cobertura forestal para considerar; el sobrepastoreo extensivo, cultivos semipermanentes (banano, caña de azúcar, maíz y papa) siendo importante para el incremento de insumos industriales, lo que contribuye a la deforestación a través de procesos de tala y quema. Al no contar con una adecuada planificación se produce la desertificación, pérdida del hábitat y debilitamiento del suelo.

Generalmente de **“bosque a uso agropecuario”** es un cambio drástico donde altera los mecanismos micro meteorológicos, cuyos efectos negativos como inundaciones, escorrentías ponen en peligro a las zonas rurales donde su temperatura y aire del suelo aumenta. A nivel de Latinoamérica es alarmante por las conversiones de coberturas boscosas a otro tipo de uso, siendo un tema discutido políticamente. Si seguimos deteriorando la biodiversidad nos perjudicamos a nosotros mismos dañando las condiciones de vida.

Según Pino, (2018) la importancia de los productores es generar ingresos y su autoconsumo, acelera sus actividades productivas sin considerar conservar el medio natural a largo plazo. Como consecuencia del desarrollo agrícola, presenta efectos negativos al medio ambiente, en las zonas media a alta (páramo) se comprueba; compactación del suelo, disminución de la retención de humedad, incremento de la densidad aparente debido a la ampliación de fronteras.

Frente a esto, se debe centrar en conservar el bosque sin perjudicar al desarrollo económico de los agricultores, buscando así la eficiencia y el progreso armónico correcto de los recursos naturales que nos brinda la tierra, tratar de mitigar y evitar daños a futuro (González et al., 2018). Con los resultados cartográficos, es posible conocer aquellas áreas que son susceptibles a producir cambios, los autores manifiestan que esta información sirve de apoyo para la elaboración de PDOT, programas y estrategias para la conservación del territorio (Ramos Reyes et al., 2019). Así como estrategias de conservación de los recursos naturales en una cuenca hídrica, para un desarrollo agropecuario sustentable, fortaleciendo las capacidades sociales locales, promoviendo mejora en la calidad del suelo, reforestando zonas graves del área. De tal forma que el interés socioeconómico sea compatible con el ambiente, para eso es necesario el apoyo y participación de las autoridades locales y la población de la zona, alcanzando reducir los conflictos por el uso de los recursos naturales.

CONCLUSIÓN

Este trabajo ha permitido demostrar los cambios de uso del suelo, suscitados en el periodo 2000 y 2018, está la intervención de tierra agropecuaria expandiéndose sin control y se puede evidenciar en los mapas realizados y su proyección para el año 2030, muestra la tendencia del cambio que se ha dado en el territorio, confirmando que la categoría de tierras agropecuarias está presionando en

la zona media y baja de la subcuenca del río chillayacu por lo cual el manejo es acelerado notándose el interés económico, al igual que la demanda de alimentos para satisfacer otros cantones. Ante la falta de compromiso es necesario aplicar medidas de zonificación y alternativas de protección frente a los fenómenos naturales a futuro. La solución frente a esta problemática es accionar y ordenar el territorio, incorporando la dimensión ambiental en las políticas públicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J. M., Balderas-Plata, M.Á., & Sánchez-López, M. (n.d.). *Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. Revista Madera bosques vol.23 no.3.* http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712017000300039.
- Dávila Rodríguez, A., & Alatorre Cejudo, L. C. (2021). Análisis de la evolución espacio-temporal del uso de suelo urbano en la metrópolis de Chihuahua. *Economía, Sociedad Y Territorio vol.21 no.65*, 1-27. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212021000100001&lang=es.
- Ellis, E. A., Gomez, U. H., & Romero-Montero, J. A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Revista Ecosistemas*, 26(1), 101–111. <https://www-scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85019130230&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=d1b975e1fa90ed71740cd9f13144d64d&so=t=b&sdt=b&sl=96&s=TITLE-ABS-KEY%28Los+procesos+y+causas+del+cambio+en+la+cobertura+forestal+de+la+Pen%3%adnsula+Yucat%3%a1n%29&relpos=0&citeCnt=16&searchTerm>
- Escalona-Maurice, M. J., Jiménez-Moreno, M. J., & Sancho Comíns, J. (2017). Modelo cartográfico del cambio espacial de suelo por subcuencas en Texcoco, Estado de México: 1977-2000. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(SPE18), 3815–3824. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017001003815&lang=es
- Esquivel Ceballos, V. H., Alatorre Cejudo, L. C., Robles Morua, A., & Bravo Peña, L. C. (2019). Crecimiento urbano de Ciudad Juárez Chihuahua (1920-2015): Hipótesis sobre el impacto en las coberturas y uso de suelo y el abatimiento del acuífero urbano. *Acta Universitaria*, vol.29. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100231
- Galindo Aguilar, R. E., & Pérez Hernández, M. J. (2019). Cambio de uso de suelo, fragmentación del paisaje y la conservación de *Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758. *Revista Mexicana de ciencias forestales*, 10(52), 149-169. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000200149&lang=es
- González, Y., Leyva, A., Pino, O., Mercadet, A., Antonioli, Z. I., Arévalo, R. A., Barossuol, L. M., Lores, A., Gómez, Y., & Others. (2018). The functioning of a pre-mountain agroecosystem and its prospective orientation towards sustainability: the role of agrobiodiversity. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 21–34. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000100003&lang=es
- Gordillo-Ruiz, M. C., & Castillo-Santiago, M. A. (2017). Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 39–49. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282017000100039&lang=es
- Guevara Romero, M. L. (2017). Impacto del crecimiento urbano en zonas agrícolas: Reserva Territorial Atlixcáyotl, Puebla. *Estoa. Revista de La Facultad de Arquitectura Y Urbanismo de La Universidad de Cuenca*, 6(11), 65–84. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-92742017000200065
- Martínez-Sifuentes, A. R., Villanueva-Díaz, J., Estrada-Ávalos, J., Vázquez-Vázquez, C., & Orona-Castillo, I. (2020). Pérdida de suelo y modificación de escurrimientos causados por el cambio de uso de la tierra en la cuenca del río Conchos, Chihuahua. *Nova Scientia*, 12(25). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052020000200101&script=sci_arttext
- Müller, A., Olschewski, R., Unterberger, C., & Knoke, T. (2020). The valuation of forest ecosystem services as a tool for management planning – A choice experiment. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 271, p. 111008). <https://www-scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85087500087&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=dfc4f5c27c66e-0ca026f63c75348ca99&so=t=b&sdt=b&sl=91&s=TITLE-ABS-KEY%28The+valuation+of+forest+ecosystem+services+as+a+tool+for+management+planning%29&relpos=2&citeCnt=4&searchTerm>
- Navarro-Garro, A., Araya-Rodríguez, F., Moreira-Segura, C., & Ruiz-Agüero, K. (2017). Uso de sistemas de información geográfica para determinar pérdida de bosque y suelo de las nacientes administradas por acueductos rurales de la Zona Huetar Norte, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(2), 75–86. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000200075&lang=es
- Nené-Preciado, A. J., Sansón, G. G., & Mendoza, M. E. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. *Investigaciones Geográficas*, no.94. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112017000300006&lang=es

- Paegelow, M., Camacho, M. T., & Menor, J. (2003). Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 0(3), 22–44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=784923>
- Palomeque de la Cruz, M. Á. (2017). Modelos geomáticos con base en transición para el análisis espacial en Villahermosa, Tabasco. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 253-267. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000200253&script=sci_arttext
- Pardo-Carrasco, S. C. (2017). Uso de sistemas de información geográfica (SIG) en la valoración del potencial piscícola a nivel municipal. In *Orinoquia*, 21(2), 13-21. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092017000200013&lang=es
- Pérez, M.R., Joseau, M.J., & Valdez, H.A. (2019). Alternativas para el manejo agroecológico de especies leñosas arbustivas en agroecosistemas ganaderos del noroeste de Córdoba, Argentina. In *AgriScientia*, 36(1), 1-14. <https://www.scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073281226&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=da0f3b9ed8bd-722b75ca1014a2119c42&sot=b&sdt=b&sl=152&s=TITLE-ABS-KEY%28Alternativas+para+el+manejo+agroecol%2c%20de+especies+le%2c%20b1osas+arbustivas+en+agroecosistemas+ganaderos+del+noroeste+de+C%2c%20rdoba%2c+Argentina.%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
- Pino, S., Aguilar, H., Apolo, A., & Sisalema, L. (2018). Contribution of the agricultural sector to the economy of Ecuador. Critical analysis of its evolution in the period of dollarization. Years 2000-2016. *Espacios*, 39(32), 7. <https://www.scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85051492045&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=58e7cc762ca-d953309dd08ac2eab70ab&sot=b&sdt=b&sl=147&s=TITLE-ABS-KEY%28Contribution+of+the+agricultural+sector+to+the+economy+of+Ecuador.+Critical+analysis+of+its+evolution+in+the+period+of+dollarization%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>
- Ramos Reyes, R., Palomeque de la Cruz, M. Á., Núñez, J. C., & Sánchez Hernández, R. (2019). Análisis geomático espacial del cambio de uso del suelo en Huianguillo, Tabasco (2000-2010-2030). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 118–139. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000300118&lang=es
- Sepúlveda-Varas, A., Saavedra-Briones, P., & Esse, C. (2019). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de Geografía Norte Grande*, 72, 9–25. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022019000100009&script=sci_arttext&tlng=p

PRINCIPALES ASPECTOS RELACIONADOS CON LA CRÍA Y EXPLOTACIÓN DE LOS PATOS EN EL MUNICIPIO CRUCES

MAIN ASPECTS RELATED WITH THE BREEDING AND EXPLOITATION OF THE DUCKS IN THE MUNICIPALITY CRUCES

Nolivio López Díaz¹Email: nolivio@ucf.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0722-0463>Idesnel Banguela Pérez²Email: idesnelbp@nauta.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4758-1848>Julio Cesar Suárez García³Email: julios@uclv.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3476-8686>Centro Universitario Municipal de Cruces, Cienfuegos. Cuba.¹ESBU Javier Calvo Formoso, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.²Universidad Central Marta Abreu De Las Villas³

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Díaz, Nolivio, Banguela Pérez, Idesnel, González Peña, Hernández Mesa, María Elena, Reyes Carballo Gracia, Primitivo. (2022). Principales aspectos relacionados con la cría y aprovechamiento de los patos en el municipio Cruces. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 237-247. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el municipio Cruces, provincia de Cienfuegos, Cuba. Se trazó como objetivo determinar los principales aspectos relacionados con la cría y explotación de los patos en el municipio Cruces, para promocionar su cría como fuente alternativa de alimentos e ingresos a las economías domésticas. El estudio es exploratorio y descriptivo, se parte de la observación y aplicación de encuestas a cien familias del Consejo Popular Potrerillo, elaborándose un diagrama causa-efecto, para esclarecer la situación respecto a la crianza de estas aves y una matriz FODA. Los resultados obtenidos apuntaron que la situación de la escasa producción, aprovechamiento y comercialización de los patos en el municipio Cruces, está dado por la baja comercialización de esta especie, el desconocimiento de los productos potenciales que genera y el desconocimiento de sus propiedades nutricionales. Esto trae consigo que su consumo no sea habitual, siendo relegada por otros productos cárnicos, además no se explotan los huevos y otros subproductos de esta ave. Se elaboró una propuesta de acciones para promover la crianza y el mejor aprovechamiento de los patos por los pobladores del municipio. Se concluyó que los patos son animales rústicos, siendo factible su mantenimiento y desarrollo en los traspatios, existiendo múltiples oportunidades para la cría de patos en el territorio, por lo cual se elaboró un programa para fomentar la misma en el Consejo Popular Potrerillo, a partir de una serie de objetivos, sustentados sobre acciones concretas, a partir de la situación existente.

Palabras clave:

Traspatio; pato; cría; Cruces; programa.

ABSTRACT

The present work was developed in the municipality Cruces, province of Cienfuegos, Cuba, and it was traced as objective to determine the main aspects related with the breeding and exploitation of the ducks in the municipality Cruces, to promote its breeding as alternative source of foods and revenues to the domestic economies. The study is exploratory and descriptive, it leaves from the observation and application of surveys to a hundred families of the Popular Council Potrerillo, being elaborated a diagram cause-effect, to clarify the situation regarding the upbringing of these birds, and a matrix FODA. The obtained results pointed that the situation of the scarce production, use and commercialization of the ducks in the municipality Cruces, it is given by the drop commercialization of this species, the ignorance of the potential products that generates and the ignorance of their nutritional properties. This brings I get that their consumption is not habitual, being relegated by other meat products, the eggs and other by-products of this bird are not also exploited. A proposal of actions was elaborated to promote the upbringing and the best use in the capable ones for the residents of the municipality. You concludes that the ducks are animal rustic, being feasible their maintenance and development in the backyards, existing multiple opportunities for the breeding of ducks in the territory, reason why a program was elaborated to foment the same one in the Popular Council Potrerillo, starting from a series of objectives, sustained on concrete actions, starting from the existent situation.

Key words:

Backyard; duck; it raises; Cruces; programs.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo local es un proceso complejo donde intervienen diversos actores. Parte de potenciar el desarrollo sobre la base de los recursos endógenos del territorio, siempre de forma sustentable mejorando las condiciones de vida de sus habitantes. Esto es posible *“cuando se parte de los valores estratégicos para planear un desarrollo sustentable en el medio y largo plazo”* (Stratta Fernández, 2018, p.2).

Para lograr esto se debe estimular la innovación en base a los recursos disponibles, este concepto según expone Flores López et al., (2020) *“ha evolucionado durante los años, principalmente de una perspectiva económica, y ha tenido un impacto en el desarrollo y crecimiento de los países”*(p.6) que lo han adoptado.

La perspectiva del desarrollo se centra en la visión del desarrollo local, visto en su dimensión espacial como un proceso complejo y multifactorial, que propicia la autogestión mediante la interacción de los diversos grupos y actores sociales, dando respuesta a las necesidades de transformación de los espacios territoriales. Esto es vital para *“impulsar el desarrollo de una sociedad, gracias a su positiva influencia multiplicadora sobre indicadores económicos, sociales y ambientales”* (Contreras et al., 2017, p.13).

Los seis ejes, de la Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030: Visión de la Nación, Ejes y Sectores Estratégicos aprobada por el Partido Comunista de Cuba (2017)

“1) gobierno socialista, eficaz, eficiente y de integración social; 2) transformación productiva e inserción internacional; 3) infraestructura; 4) potencial humano, ciencia, tecnología e innovación; 5) recursos naturales y medio ambiente; y 6) desarrollo humano, equidad y justicia social” (p. 10).

Son elementos recurrentes, dentro de esta estrategia: desarrollo local, desarrollo sostenible y preservación del medio ambiente.

El proceso de desarrollo local tiene como característica que: (Filián et al., 2020)

Con la prioridad en la comunidad, el desarrollo local se debe distinguir como un complejo proceso, paulatino, enfocado en alcanzar el crecimiento de la comunidad, que hace uso de sus recursos a través de una eficiente planificación que contribuye a mejorar las condiciones actuales, tanto a nivel económico como social, estimulando a los pobladores locales facultándolos para resolver sus problemas, y disponiendo del apoyo del gobierno, pero sin depender de él... (p.121)

Un aspecto medular en este proceso, es incorporar todos los espacios e individuos que puedan contribuir al mismo. Siendo en ocasiones soslayada la importancia de los habitantes del campo para el desarrollo armónico de un territorio *“Una estrategia para disminuir la migración del*

campo hacia la ciudad ha sido explorar nuevas oportunidades económicas” (Calatayud et al., 2021, p.48)

El traspatio es considerado como un agroecosistema, pues en el mismo se relacionan factores como vegetales, animales, tierra, agua, además de infraestructura y el equipo utilizado.

La explotación de esta parte de la propiedad del sujeto, es una fuente adicional para la provisión de alimentos e ingresos extras a la economía doméstica

Según González et al. (2014), el traspatio *“es un espacio de esparcimiento y para actividades sociales. En este sistema la familia campesina lleva a cabo una producción no especializada, donde utilizan los componentes bióticos y no bióticos del ecosistema”* (p. 152).

El proceso productivo en un traspatio puede ser analizado como un intercambio, tanto desde el punto de vista ecológico como económico.

En este tipo de sistemas se realiza un manejo sobre la base de instalaciones rústicas, alimentación está basada en el pastoreo y un manejo sanitario escaso o nulo. Pero no debe obviarse que existen poblaciones de aves de traspatio consideradas de alto valor genético, debido a su adaptación y rusticidad para producir en condiciones ambientales adversas (Camacho Escobar et al., 2016), lo cual es explotado para aportar resistencia a diversas enfermedades y aprovechar el vigor híbrido por los criadores comerciales.

A la hora de seleccionar las especies a criar en los patios de las viviendas, ya sea para potenciar la alimentación y/o apoyar la economía doméstica, se opta casi siempre por los cerdos y en segundo lugar en las gallinas. Existe desconocimiento acerca de las bondades del pato, como animal de pocas exigencias para la crianza en los patios de las viviendas.

Los patos pertenecen al Orden *Anseriformes*, y conforman con los cisnes y los gansos la Familia *Anatidae*.

Jáuregui et al. (2020) expone que *“La producción de patos es en gran medida una empresa tradicional y aún no se ha industrializado como la del pollo. A pesar de que el pato sigue siendo una especie olvidada entre las investigaciones sobre animales domésticos”* (30).

Cabe destacar que los patos son fáciles de criar, y si se comparan con los pollos necesitan menos cuidados, ya que son animales robustos y resistentes que no enferman con facilidad. Con poco trabajo y tiempo se puede criar exitosamente una pequeña bandada de patos.

Diversos autores como Jáuregui et al., (2020) comentan al respecto que *“Los patos criollos domésticos son resistentes, menos exigentes nutricionalmente, menos susceptibles a enfermedades y prometedora entre las especies nativas debido a su tasa de crecimiento rápido”* (p. 29).

Moura et al. (2018) acota que los patos de la familia *Anatidae* son preferidos por su gran masa corporal en

contraste con otras aves silvestres comestibles; además, su carne es fina al paladar y nutritiva por lo que es apreciada a pesar de su alto contenido de grasa.

Debido a su rápida reproducción, la crianza de los patos resulta más sencilla en comparación a las gallinas. Los patos no son exigentes en aspectos de comida o espacio; son más resistentes a enfermedades y condiciones ambientales adversas (Llacsahuache, 2019), por lo que puede explotarse con fines comerciales fácilmente.

En la siguiente tabla se resume los principales miembros domésticos de la familia Anatidae.

Tabla 1: Nomenclatura y categorías de uso para las especies de Anátidos (Monar, 2020, p. 5)

Especie	Nombre común	Usos
Anas platyrhynchos domesticus	Pato chino Pato Pekín Pato Blanco	Alimentación Crianza Mascota Medicinal
Anser anser	Ganso Pato Ganso	Alimentación Crianza
Cairina moschata	Pato criollo Pato nacional Pato Runa	Alimentación Crianza Didáctico Mascota Medicinal

En Cuba se cría el pato criollo o Muscovy (*Cairina moschata*) es una especie nativa de América, que ha sido el principal objeto de un proceso de domesticación local en países suramericanos como Ecuador. Estudios arqueológicos reportan diversas evidencias del conocimiento y uso de los patos por culturas precolombinas.

La otra raza de pato doméstico que se encuentra con frecuencia, es el pato Pekín, el cual al presentar un desarrollo físico excepcional en sus primeros 50 días de vida, compite con el pato Muscovy en el aprovechamiento de su carne y grasa corporal (Velázquez et al., 2016).

La presente investigación se realiza con el objetivo de determinar los principales aspectos relacionados con la cría y explotación de los patos en el municipio Cruces, para promocionar su cría como fuente alternativa de alimentos e ingresos a las economías domésticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ejecutó en la etapa comprendida de enero a marzo del 2021, en el municipio Cruces, provincia de Cienfuegos, Cuba.

Se recopiló información sobre el estado y la percepción respecto a la cría de patos de las familias en este municipio, donde es frecuente encontrar estos animales criándose los traspatios.

El estudio fue exploratorio y descriptivo, se utilizaron diversas técnicas como la observación, la encuesta y la entrevista, ya que los resultados que arrojan son de fácil interpretación y análisis.

Como muestra se tomaron 100 familias residentes en el Consejo Popular Potrerillo, que afirmaron poseer patos en su traspatio. Siendo la posesión de patos y vivir en el Consejo Popular Potrerillo los criterios de inclusión al estudio y no poseerlos o residir en otro lugar los criterios excluyentes.

Se elaboró un diagrama causa-efecto, para esclarecer la situación respecto a la crianza de estas aves, así como una matriz FODA y la matriz de impactos cruzados para determinar la estrategia a seguir y a partir de ello una propuesta de acciones para promocionar su cría y un mejor aprovechamiento de sus potencialidades en el Consejo Popular.

RESULTADOS

Se aplicó una encuesta con una serie de preguntas, a las personas que contestaron afirmativamente al hecho de criar aves de corral, además de verificar mediante la observación sus repuestas (en la medida de lo posible):

1. ¿Cuáles son las principales motivaciones para criar patos?

Los encuestados refirieron como motivación para la crianza de patos en un 40% que lo utilizan para su consumo, un 40% refiere que para su venta el 15% los cría porque les gusta y un 5% como adorno a sus patios.

2. ¿Qué ventajas usted considera poseen la cría de patos sobre la de otras aves de corral?

Se mencionaron: rusticidad, resistencia a las enfermedades, reproducirse rápidamente, manejo sencillo y no se alejan mucho de la propiedad. Respecto al aprovechamiento de la carne, un 50% de los participantes en la investigación reconocen su valor alimenticio y nutricional, pero solo un 10% manifestó consumir sus huevos y ninguno de los encuestados aprovecha sus plumas.

3. ¿En qué condiciones cría a sus animales

El 100% manifestó que los cría en sus patios, permitiendo su libre movimiento y le suministran un complemento de alimentos, garantizándoles agua en todo momento.

En el caso de la zona rural los dejan deambular libremente por donde prefieran o donde haya mayor disponibilidad de alimento y agua, cuidando no se acerquen a las plantaciones susceptibles a ser dañadas por ellos.

Esto se corroboró con la observación, en la práctica la atención a los patos se centra en mantener el suministro de agua y solo se les brinda un poco de maíz o sobras de la comida humana como complemento, reservándose un cuidado más atento a las hembras con crías (parvada), reforzando la alimentación y brindándoles cobijo en los primeros días.

Solo en el 30% de los casos se encierran por la noche para protegerlos de los ataques de los perros, los cuales son sus principales enemigos y en el caso de las crías

sufren ataques durante el día provenientes de aves rapaces y hurones, siendo presas en la noche de ratas y gatos.

Los patos poseen un variado y para nada exigente menú, el mismo abarca desde insectos, lombrices, babosas, ranas, diversas plantas terrestres y acuáticas, semillas, granos, materia vegetal hasta desechos de la cosecha de frutas y hortalizas. En su alimentación se pueden aprovechar las sobras provenientes de la cocina, pues sus gustos son similares a la de los cerdos en el patio de las casas, pues consumen sancocho, miel de purga, guarapo, residuos de pescado, el pasto del patio y otros alimentos. Es posible su crianza aprovechando los espejos de agua, en cuyo caso con sus deyecciones ayudan a incrementar la producción piscícola y en este medio obtienen hasta la tercera parte de su sustento.

4. ¿Qué aspectos toman en cuenta para la selección de sus reproductores?

- Animales jóvenes, fuertes y con buen desarrollo corporal.
- Machos deben ser activos sexualmente y buenos padres.
- Hembras con buena producción de huevos, aptitud para empollar, producir crías fuertes y poseer un fuerte instinto maternal.

Mediante la observación se comprobó que no se persigue la mejora genética, solo se limitan a intercambiar ejemplares para reducir la endogamia.

5. ¿Qué raza de pato cría en su propiedad?

En el 85% de los casos los encuestados manifestaron poseer patos criollos (Muscovy), el 13% patos Pekín y un 2% posee gansos.

A los consumidores manifiestos y potenciales se les aplicó un cuestionario determinándose que:

Un 30% de ellos han consumido carne de pato y otro 30% lo haría si tuviera la oportunidad.

Respecto a la motivación para consumir carne de pato un 40% manifestó que por su valor nutricional y un 30% por su calidad.

De los encuestados solo un 25% manifestó conocer los beneficios nutricionales que aporta la carne de pato.

Las personas refirieron adquirir los patos en las ferias donde se venden ocasionalmente o a criadores particulares.

Mediante la observación se determinó que no existe una oferta estable de patos en el mercado solo siendo esporádica su presencia en ferias agropecuarias.

Se determinaron las características fundamentales de las dos razas de patos criadas en el territorio.

Tabla 2. Comparación entre las principales razas de patos productoras de carne (Elaborado por los autores sobre la base de Bundy & Diggins, 1991)

Características	Raza	
	Pekín (Anas platyrhynchos domesticus)	Muscovy (Cairina moschata)
Origen	China	Sudamérica
Variación	Blanca	Blanca. con azul atrás. Cara rojo brillante
Peso promedio adulto (kg)	3.63 a 4.08	3.18 a 4.54
Edad al sacrificio (semanas)	7 - 8	11 - 13 (machos) 9 - 10 (hembras)
Peso promedio (kg)	2.8 - 3.2	3.9 - 4.5 (machos) 2.2 - 2.5 (hembras)
Peso huevos (kg/docena)	1.134	1.360 a 1.474

Se confeccionó un diagrama de Ishikawa (diagrama de espina de pescado o diagrama de causa-efecto), el cual expuso a partir de la escasa producción, aprovechamiento y comercialización de patos en el municipio Cruces, las principales causas y efectos de esta situación.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa para la situación de la crianza y aprovechamiento de los patos en el municipio Cruces (Elaboración propia del autor principal).

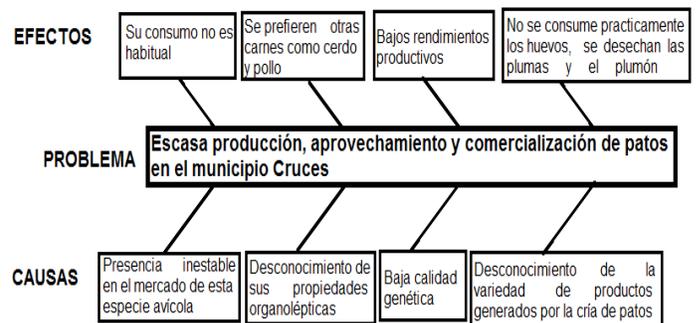


Figura 1. Diagrama de Ishikawa para la situación de la crianza y aprovechamiento de los patos en el municipio Cruces (Elaboración propia del autor principal).

También se realizó un análisis FODA de la situación objeto de estudio, recogiendo los principales aspectos que inciden en la misma, al interior y exterior del entorno, lo cual se plasmó en forma de matriz.

Tabla 3. Matriz FODA (Elaboración propia del autor principal)

Fortalezas	Oportunidades
Existencia de personas que se dedican a la cría de patos. Existe tradición en la cría de patos.	El pato un animal de bajos requerimientos alimenticios, muy rústico y resistente a las enfermedades. Permite a las amas de casas colaborar a las economías domésticas mediante el aporte de alimentos y los ingresos generados por la venta de los excedentes. Voluntad del país en sustituir importaciones. Mejoramiento genético para incrementar los rendimientos.
Debilidades	Amenazas
Los animales disponibles poseen bajos rendimientos y calidad genética. Dificultades de transportación para hacer llegar sus productos a las ferias agropecuarias en la cabecera municipal. Desconocimiento de la variedad de productos que ofrece la cría de patos. No se aprovechan las plumas como subproducto de la cría de los patos, ni la cama como fertilizante.	No existe una cultura generalizada en el consumo de la carne y huevos de pato. Dificultades para adquirir individuos de razas mejoradas genéticamente. En el territorio se crían pollos y otros animales como conejos para el consumo. Introducción de enfermedades importadas por aves migratorias.

A partir de esta matriz se elaboró la matriz de impacto cruzados para determinar la estrategia a desarrollar.

Tabla 4. Matriz de impacto (Elaboración propia)

		OPORTUNIDADES					AMENAZAS					
		1	2	3	4	T	1	2	3	4	T	
FORTALEZAS	1	X	X	X	X	4	1			X		1
	2	X	X	X	X	4	2			X	X	2
	T	2	2	2	2	8	T			1		3
	T	1	6	7	8	T		1	2	3		T
DEBILIDADES	1	X	X	X		3	1					
	2	X	X	X		3	2	X		X		2
	3		X	X		2	3	X		X		2
	4		X	X		2	4	X				1
	T	2	4	4		10	T	3		2		5

Se determinó que la actividad posee un mayor peso en el segundo cuadrante, por lo que deben subsanar las debilidades internas, para aprovechar las oportunidades que ofrece el entorno.

La crianza de aves impacta negativamente en el medio ambiente, de forma directa, pues genera desperdicios con un elevado contenido de nutrientes y material orgánico, por lo que un manejo inadecuado provocará la contaminación de las aguas y los suelos expuestos. También impacta indirectamente por ser emitidos olores desagradables y crearse un medio propicio para el desarrollo de vectores y microorganismos patógenos, atrayendo plagas de insectos.

Para fomentar la crianza de los patos, se elaboró un programa, el cual a partir de una serie de objetivos enuncia

acciones para lograr alcanzar su cumplimiento en el corto y mediano plazo.

Objetivos del programa:

1. Divulgar las bondades de la cría de patos en los traspatios, respecto a la de otros animales y el aprovechamiento más integral de los productos derivados de la misma.
2. Capacitar a amas de casas y otros interesados en los aspectos técnicos principales de la cría y manejo de estas aves.
3. Fomentar un incremento de los rendimientos sobre la base del mejoramiento genético de las aves.
4. Rescatar y divulgar las tradiciones de la comunidad, su cultura, así como el cuidado del medio ambiente.

Objetivo	Acción	Responsable	Participantes
1	Charlas en reuniones de las CCSF.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Directiva y asociados de las CCSF
	Charlas en reuniones de la FMC.	Coordinador de la carrera Agronomía, Coordinador de la carrera Lic. Educ. Preescolar CUM Cruces	Miembros de la sección de base
	Distribución de plegables.	Coordinador de la carrera Agronomía, Coordinador de la carrera Lic. Educ. Preescolar CUM Cruces	Pobladores del Consejo Popular Potrerillo
	Fomentar espacios en la emisora de radio local, sobre alternativas para la producción de alimentos en función del desarrollo local.	Directora CUM Cruces	Subdirector y Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces
2	Desarrollar seminario sobre cría y manejo de los patos en las condiciones de los traspatios.	Subdirector y Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Amas de casa y personal interesado en el tema
	Proyectar video didáctico sobre el manejo de los patos y el aprovechamiento de los productos derivados de su crianza.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Amas de casa y personal interesado en el tema
	Distribuir materiales didácticos sobre la cría de patos.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Amas de casa y personal interesado en el tema
	Desarrollar talleres de elaboración de productos artesanales, sobre la base de aprovechar las plumas y el plumón del pato.	Coordinador de la carrera Lic. Educ. Preescolar CUM Cruces	Amas de casa y personal interesado en el tema
	Desarrollar talleres de cocina y repostería con platos y dulces elaborados con carne y huevos de pato.	Asociación Culinaria de Cruces	Amas de casa y personal interesado en el tema
	Desarrollar seminario sobre agricultura orgánica con énfasis en el aprovechamiento de la cama generada por la cría de patos como fertilizante orgánico y sus deyecciones como fertilizante de los estanques para la piscicultura.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Productores e interesados en el tema
3	Introducir ejemplares de razas mejoradas para su fomento y la mejora de las poblaciones locales.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Criadores y Empresa Avícola Provincial
	Desarrollar talleres sobre el manejo de los reproductores para evitar la endogamia.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Productores e interesados en el tema
	Intercambiar reproductores entre los criadores, manteniendo un registro genético a partir del árbol genealógico de los mismos.	Coordinador de la carrera Ing. Agronomía CUM Cruces	Productores
4	Celebración de festivales de tradiciones, donde se incluyan aspectos relativos a la cría y aprovechamiento de los patos.	Promotor cultural, Presidente Consejo Popular	Organizaciones de masas y pobladores
	Creación de círculos de interés sobre temas agropecuarios.	Metodólogo ETP municipal	Maestros del poblado
	Realizar excursiones con los pioneros para mostrarle la flora y fauna local y los parientes silvestres de los animales domésticos, enfatizando en su cuidado y conservación.	Profesor guía, Museo municipal y profesores la carrera ing. agronomía	Pioneros, maestros y padres

DISCUSIÓN

La producción de patos con un enfoque comercial, no se ha afianzado en Cuba, los productores mantienen producciones pequeñas, muy rudimentarias y sobre la base de aves cuya genética no es la adecuada para obtener elevadas producciones de carne y/o huevos.

Los principales motivos de que la carne de pato no se comercialice regularmente en Cuba son:

- Insuficiente cultura gastronómica, que conlleva que no sea usual su consumo.
- Falta de presencia estable en el mercado de esta especie avícola, lo cual provoca que no se incluya en la dieta regular.
- Su crianza ocurre a nivel familiar, ya sea como animales ornamentales o para el consumo de algún miembro del núcleo familiar.

La no existencia de una producción de carne de patos a nivel del territorio del municipio Cruces, es ocasionada por la escasa comercialización de este animal y la arraigada costumbre de no percibir a este animal, como una fuente regular de carne y huevos. Para contrarrestar esto, debe promoverse el consumo regular del producto en la dieta habitual de la población local, sobre la base de su fácil producción y sus propiedades organolépticas.

Se debe señalar que el consumo de la carne de pato no es muy popular frente a la de otras especies de aves de granja, lo cual se basa en el desconocimiento de su valor nutricional o a que es preferido como mascota (Velázquez et al., 2018)

Desde el punto de vista productivo, el pato ofrece las posibilidades de una comercialización integral. En las granjas comerciales se comercializan su carne, plumas, huevos, polluelos, matrices, incluyendo relaves, tales como la venta de heces para la elaboración de fertilizantes o insumo para la piscicultura (Gonçalves, 2020).

El uso de la cama utilizada en los dormitorios de los animales, es muy efectivo utilizar como abono para la agricultura, siendo un excelente fertilizante orgánico con una alta concentración de nitrógeno.

Cabe aclarar que en Cuba el aprovechamiento de los huevos no está muy difundido, el de las plumas y plumón es prácticamente nulo y el foie gras no forma parte de la cultura culinaria de la isla.

En relación con su consumo debe resaltarse que una ración de pato cubre un 61% de las cantidades de proteínas recomendadas a un hombre adulto y su aporte calórico es mayor que el del resto de las aves, siendo su contenido de colesterol menor al de una gallina o pollo de engorde.

Según Grant y Jaramillo, (2015):

La carne de pato se destaca por su contenido de proteínas de buena calidad y su aporte vitamínico; sobresalen las vitaminas hidrosolubles, niacina, todotiamina, riboflavina y vitamina B12. En cuanto a minerales, es

una buena fuente de hierro de fácil absorción, fósforo y zinc. Contiene además glutamato, que corresponde aproximadamente al 14% de los aminoácidos; este es un factor comercial que puede contribuir a promocionar la carne de pato, ya que este aminoácido presenta características de estimulación del sistema inmunológico. (p. 46)

Es importante recordar que, en los patos, como en cualquier otro animal, la mayoría de las enfermedades son de origen multifactorial, por lo que se necesita no sólo la presencia de los gérmenes, si no también, condiciones ambientales y del animal que favorezcan la enfermedad. Así animales en buen estado de salud, bien alimentados, con buen estado nutricional, sin estrés y en un ambiente confortable con alimento, agua y construcciones adecuadas tendrán menos oportunidades de enfermarse. (Avilez & Camiruaga, 2006, p. 61).

Se constató a través de un diagrama de Ishikawa para la situación de la crianza y aprovechamiento de los patos en el municipio Cruces, que la escasa producción, aprovechamiento y comercialización de los patos en el municipio Cruces está dado por una serie de causas resumidas en la baja comercialización de esta especie, el desconocimiento de los productos potenciales que genera y el desconocimiento de sus propiedades nutricionales. Esto trae consigo que no se consuma habitualmente, siendo relegada por otros cárnicos y no se explotan los huevos y otros subproductos.

El análisis FODA mostró la existencia de pocas fortalezas, muchas oportunidades, así como algunas debilidades y amenazas, siendo necesario potenciar estas fortalezas para aprovechar estas oportunidades.

La crianza de patos genera impactos ambientales, los mismos pueden ser minimizados con un adecuado manejo de la crianza y aplicando medidas como: desinfección de las áreas, construcción de depósitos de residuos, retiro del material húmedo de la cama y control de vectores. Estos impactos ambientales en la crianza de traspatio, no alcanzan una magnitud significativa, en contraposición con la crianza intensiva.

Una forma de manejo sostenible desde el punto de vista ambiental, se utiliza en Japón con el Cultivo Integrado del Arroz (CIA), mediante la utilización de patos, los mismos se crían directamente en los arrozales y fungen como control natural de los insectos, las malezas y aportan fertilizante orgánico a través de sus deyecciones.

Mediante la elaboración de un programa se persigue alcanzar varios objetivos concretos, como capacitar a los pobladores (especialmente a las amas de casa), en los principios básicos de la cría de patos y las oportunidades que genera la misma, logrando así el aprovechamiento del traspatio, a la vez que se genera una fuente extra de alimentos e ingresos, lo que permite que las mujeres aporten a la economía doméstica, con lo cual se contribuye al empoderamiento de la féminas en consonancia a lo establecido en la política del Estado Cubano. El programa parte de un enfoque de respeto y cuidado al medio ambiente circundante.

CONCLUSIONES

El desarrollo local parte de potenciar el desarrollo sobre la base de los recursos endógenos del territorio, siempre de forma sustentable mejorando las condiciones de vida de sus habitantes, fomentando las producciones acordes a cada entorno.

Los patos son animales rústicos, siendo factible su mantenimiento y desarrollo en los traspatios, lo cual conlleva una inversión mínima, son menos susceptibles a las enfermedades que otras aves domésticas, y brindan rendimientos satisfactorios en esas condiciones.

En el municipio Cruces no existe una producción sistemática de patos, producto de diversas condicionantes como la costumbre de no ver a este animal, como una fuente regular de carne y huevos, baja productividad de los animales existentes, así como una inestable presencia en el mercado de esta especie avícola.

Se elaboró un programa, el cual busca fomentar la cría de patos en el Consejo Popular Potrerillo, el mismo parte de una serie de objetivos, sustentados por una serie de acciones partiendo de las características del entorno y el cuidado del medio ambiente, para potenciar las producciones obtenidas de esta ave en el territorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilez Ruiz, J. P., & Camiruaga Labatut., M. F. (2006). *Manual de crianza de patos*. Universidad Católica de Temuco.
- Bundy, E., & Diggins, R. (1991). *La producción avícola*. Prentice - Hall INC.
- Calatayud, A. P., Canales, Á., Quispe, G. B., Chui, H. N., Ramos, E. H. (2021). Impacto del turismo rural en el ingreso económico y la decisión de emigrar en la Comunidad de Llachón (Puno, Perú). *AGER: Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural (Journal of Depopulation and Rural Development Studies)*, (31), 7-42. <https://doi.org/10.4422/ager.2021.06>
- Camacho Escobar, M. A.; Jerez Salas, M. P.; Romo Díaz, C.; Vázquez Dávila, M. A.; & García Bautista, Y. (2016). La conservación in situ de aves en el traspatio oaxaqueño. *Quehacer Científico en Chiapas*, 11(1), 60–69. https://dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/2016-ene-jun/La_conservación_in_situ_de_aves.pdf
- Camacho, D. (2010). *Manual de producción intensiva de Pato*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Contreras Pacheco, O. E., Pedraza Avella, A. C., & José Martínez Pérez, M. J. (2017). La inversión de impacto como medio de impulso al desarrollo sostenible: una aproximación multicaso a nivel de empresa en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 33, 13–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2017.02.002>
- Filián, J., Bayas, J., & Trueba, B. (2020). Diagnóstico del sistema turístico del cantón Montalvo. *Kalpana*, (20), 119-136. <https://publicaciones.udet.edu.ec/index.php/kalpana/article/view/7>
- Flores López, J. G., Ochoa Jiménez, S., & Jacobo Hernández, C. A. (2020). Knowledge management and innovation in agricultural organizations: An empirical study in the rural sector of Northwest Mexico. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.kmia>
- Gonçalves, V. (2020) *Criação de marrecos – Guia completo passo a passo para ter a sua*. <https://novonegocio.com.br/criacoes/criacao-de-marrecos/>
- González Ortiz, F., Pérez Magaña, A., Ocampo Fletes, I., Paredes Sánchez, J. A., & de la Rosa Peñaloza, P. (2014). Contribuciones de la producción en traspatio a los grupos domésticos campesinos. *Estudios Sociales*, 22(44), 146-170. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572014000200006&lng=es&lng=es
- Grant, M. C., & Jaramillo, D. F. (2015). Proyecto de factibilidad de exportación de carne de pato PATO XPORT. [Tesis de pregrado, Universidad del Pacífico]. <https://vdocumento.com/amp/maria-cristina-grant-teran-daniel-felipe-jaramillo-exportación-de-carne-de.html>
- Jáuregui R., Gonzáles, M. E., Lorenzo Machorro, C. R., Folgar Miranda, A. M., Isern Sabría, A., & Parés Casanova, P. (2020). Caracteres morfoestructurales del pato criollo doméstico (*Cairina moschata*) de traspatio en tres municipios de Guatemala. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 15, 29-35. <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/70451/031000.pdf>
- Jáuregui R., Gonzáles, M. E., Lorenzo, C. R., Folgar, A. M., Isern, A., & Parés, P. (2019). Presencia de dimorfismo sexual entre patos Muscovy (*Cairina moschata*) en el traspatio de tres municipios de Guatemala. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, 6 (1), 29-38. <https://doi.org/10.37533/cunursori.v6i1.39>
- Llacsahuache, N. (2019) Uso de acidificante en el engorde de patos (*Cairina moschata*). [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1801>
- Monar Barragán, H. P, Rosero Gómez, C. A., López Tipán, S. C., & Jácome Negrete, I. V. (2020) Nomenclatura y usos de los patos comercializados en mercados de la provincia de Pichincha, Ecuador. *Ethnoscintia*, 5, 1-11. <https://doi.org/10.22276/ethnoscintia.v5i1.295>

- Moura, V.; Kesley, H.; Farias, R.; & Duarte, R. (2018) Conhecimento, uso alimentar e conservação da Avifauna Cinegética: Estudo de Caso no Município de Patos, Paraíba, Brasil. *Interciencia*, 43(7), 491-497. <https://redalyc.org/journal/339/33957461005/html>
- Partido Comunista de Cuba (2017). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030: Visión de la Nación, Ejes y Sectores Estratégicos*. Edit. Política.
- Stratta Fernández, R., Acuña, U., & De los Ríos Carmén, I. (2018). Knowledge and action in rural development planning through rural tourism: Ayacucho a case study (Buenos Aires, Argentina). *Ambiente y Desarrollo*, 22(43). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd22-43.kard>
- Velázquez, J. R.; Roca, M.; Hernández, A. (2016). Caracterización de los ácidos grasos de la carne de pato (*Cairina moschata*). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 26(2), p. 18-23. <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index/php/RCTA/article/view/186>
- Velázquez, J. R.; Roca, M.; Rodríguez, J. L. (2018). Carne de pato (*Cairina moschata*): algunas consideraciones para su uso en productos cárnicos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(2), 65-71. <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index/php/RCTA/article/view/66>

ANEXOS

Anexo 1. Composición por porción comestible de 100 gramos de carne de pato (Grant & Jaramillo, 2015, p.30).

Descripción*		Unidad	Cantidad
Energía		Kcal	227,00
Proteína		g	19,60
Grasa total		g	6,00
AGS		g	5,91
AGM		g	8,17
AGP		g	2,27
AGP /AGS		-	0,38
(AGP + AGM) / AGS		-	1,77
Colesterol		mg	76,00
Agua		g	64,70
Minerales	Calcio	mg	14,00
	Hierro	mg	2,50
	Yodo	mg	2,00
	Magnesio	mg	22,00
	Zinc	mg	1,80
	Selenio	µg	12,40
	Sodio	mg	38,00
Vitaminas	Potasio	mg	270,00
	B1 - Tiamina	mg	0,30
	B2 - Riboflavina	mg	0,20
	Niacina	mg	7,27
	B6 - Piridoxina	mg	0,33
	Ácido Fólico	µg	25,00
	B12 - Cianocobalamina	µg	1,80
	Retinol	µg	24,00
Aminoácidos	A - Retinoides	µg	24,00
	D	µg	1,00
	Alanina	mg	1.222,00
	Arginina	mg	1.100,00
	Aspártico	mg	1.734,00
	Glutámico	mg	2.689,00
	Cistina	mg	283,00
	Fenilalanina	mg	710,00
	Glicina	mg	1.182,00
	Histidina	mg	410,00
	Isoleucina	mg	940,00
	Leucina	mg	1.400,00
	Lisina	mg	1.560,00
	Metionina	mg	450,00
	Prolina	mg	1.079,00
	Serina	mg	768,00
	Tirosina	mg	622,00
Treonina	mg	790,00	
Triptófano	mg	226,00	
Valina	mg	870,00	

* Pato sin piel.

Anexo 2. Peso y proporciones de cortes comerciales de canales de patos por sexo (Avilez & Camiruaga, 2006, p. 49).

PARTES DE LA CANAL	MUSCOVY				PEKIN				CRUZA			
	MACHOS		HEMBRAS		MACHOS		HEMBRAS		MACHOS		HEMBRAS	
	Peso g	%	Peso g	%	Peso g	%	Peso g	%	Peso g	%	Peso g	%
Alas	520.6	19.5	294.7	19.0	191.8	16.9	169.0	15.4	202.1	15.9	170.7	15.6
Piernas	603.9	22.6	321.5	20.7	241.5	21.3	235.3	21.4	261.0	20.6	231.0	21.1
Pechuga	800.5	29.9	516.7	33.3	351.7	31.0	350.7	31.9	421.5	33.3	370.9	33.9
Dorso-Rabadilla	730.8	27.3	406.7	26.2	336.7	29.7	302.0	27.5	373.0	29.4	312.0	28.5
Total (canal fría)	2674.5	---	1550.5	---	1134.9	---	1099.3	---	1267.9	---	1094.2	---



Figura 1: Patos Pekín (Archivo del autor principal).



Figura 2: Patos de Berbería o Muscovy (Camacho, 2010, p. 22).



Figura 3: Canal de pato Pekín (Archivo del autor principal).

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

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.