

ISSN: 2415-2862

Agroecosistemas

Revista para la transformación agraria sostenible

■ Volumen 11 ■ Número 3 ■ Septiembre-Diciembre ■ 2023



“Agricultura sostenible para una alimentación segura”



<https://aes.ucf.edu.cu/Index.php/aes>



CONSEJO EDITORIAL

Director (a)

Dr. C. Annette Lourdes Padilla Gómez

Editor (a)

MSc. Amarilys Suárez Alfonso

Consejo Científico Asesor

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

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

Dr. C. Mayda Bárbara Alvarez, 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 Garcia, Instituto Nacional de Investigaciones Viandas Tropicales, Cuba.

DrC. Sergio Rodríguez Rodríguez, Universidad de Granma, Cuba

Dr. C. Misterbino Borges Garcia, 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 Agrodiagnóstico 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 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE VERMICOMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LA BIOMASA RESIDUAL DE TRES SISTEMAS AGRÍCOLAS SCarlos Pezo Jácome, Salomón Barrezueta-Unda	6
02 IMPACT OF THE WORKFLOW MODEL ON THE ASSOCIATIVE MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS IN MANABI Diego Aguirre González, Mayra Escalante Pineda, Harry Vite Cevallos, y Sonia Soraya Urbina Bustos	14
03 RENDIMIENTO DE ACELGA (<i>Beta Vulgaris</i> L.) BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Dixon Fernando Gonzaga-Apolo, Davis Marcelo Hidalgo-Novillo, Hipólito Israel Pérez-Iglesias.	21
04 EFECTO COMBINADO DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOCHAR EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) William Eduardo Viñamahua García, José Gabriel Aguilar Feijoo, Irán Rodríguez Delgado.	29
05 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GALLINAZA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE ZANAHORIA Edgar Rafael Ochoa Vásquez, Alberto Alejandro Black Navarro, Irán Rodríguez Delgado.	36
06 INCIDENCIA DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.) Miguel Ángel García Torres, Irán Rodríguez Delgado.	43
07 DENSIDAD DE POBLACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE John Alexander Ordóñez Rodríguez, Viviana Rashel Castro Uchuari , Hipólito Israel Pérez Iglesias.	53
08 EFECTOS DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN EX VITRO-IN VITRO EN ÁPICES MERISTEMÁTICOS DE PLÁTANO CLON DOMINICO Kevin Andres Lima Morales, Alexander Moreno Herrera, Irán Rodríguez Delgado.	61
09 EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES APLICADOS EN EL SUELO DEL CULTIVO BANANO ORGÁNICO Gustavo Leonel Jumbo Cabrera, Nashely Daytiana Velepucha Paredes, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel Garcia Batista.	68
10 USO DE ESTUFAS DE COMBUSTIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE BANANO COMO MECANISMOS DE MITIGACIÓN Joselyn Verónica Lapo Alvarado, Cesar Joel Rojas Hurtado, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	76
11 EFECTO DE UN ENRAIZADOR ORGÁNICO A BASE DE AMINOÁCIDOS EN EL CULTIVO DE BANANO, CAVENDISH Bryan Andrés Eugenio Domínguez, Cosme Jasmany León Jiménez, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	82
12 EFECTOS DE ALTA DENSIDAD POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE PLÁTANO DOMINICO Paola Elizabeth Saldarriaga Lapo, Leidy Lisseth Pulla Marca, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	89

13 HUMEDAD DEL SUELO SATELITAL PARA EL ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE PRODUCCIÓN DE BANANO (ARENILLAS-ECUADOR) Jerry Simón Arreaga Carrillo, Patricio Javier Arellano Gastiabur, Julio Enrique Chabla Carrillo.	96
14 FOREST MANAGEMENT PROPOSAL IN “PUNTA LA CUEVA” FARM, CIENFUEGOS MUNICIPALITY José R. Mesa Reinaldo, Gladys Vega Córdova, Juan Manuel García Bacallao, Ileana Fernández Santana, Emilio Bermúdez Cuellar, Yudith Miranda Torres.	108
15 FORMACIÓN EN CULTURA AGROECOLÓGICA EN LA FINCA PUNTA “LA CUEVA” Jorge Luis Prieto Duarte, José Ramón Mesa Reinaldo, Emilio Bermúdez Cuellar	119
16 LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICO, SU IMPACTO EN LA BIODIVERSIDAD Y LA SALUD HUMANA Mayelín Alomá Nohaya, Mileydis Roldós Guzmán, Blanca Rosa Garcés Garcés, Ana María Molina Gómez, Josefa María Soto Casares, Lázaro Armando Águila Trujillo	127
17 EARLY ADVENTITIOUS ROOTING OF CUTTINGS AND VARIABILITY OF THE HARVEST INDEX OF THE VARIETY MM105 OF MANIHOT ESCULENTA CRANTZ Chrissy Garel Makouanzi Ekomono	135
18 RESPUESTA MORFOAGRONÓMICA DE PLANTAS DE DIOSCOREA ALATA L. CLON CABALLO CON DISTINTOS TUTORADOS Misterbino Borges García	142
19 RESPUESTA VARIETAL EN LA ETAPA INICIAL DE ZAFRA EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA CIUDAD CARACAS Irenaldo Delgado Mora, Gerardo Blas Martín Martínez, Héctor Jorge Suárez	150
20 LOS PROCESOS CAPACITIVOS COMO BASE PARA EMPRENDER LA INNOVACIÓN EN ESTRUCTURAS PRODUCTIVAS LOCALES Claudia García Machado	157
21 SEIS CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM SPP.), POSIBLE UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES Oscar J. Suarez Benítez, Enrique Casanovas Cosio, Odeimi Sarrias Crespo	165
Normas de publicación	172

MSc. Amariyls Suárez Alfonso

E-mail: asuarez@ucf.edu.cu

¹Universidad de Cienfuegos

Para ser sostenible, la agricultura debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, y al mismo tiempo garantizar la rentabilidad, la salud ambiental, y la equidad social y económica.

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. La FAO promueve una alimentación y una agricultura sostenibles con el fin de ayudar a países de todo el mundo a lograr el Hambre cero y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los sistemas de producción alimentaria y agrícola de todo el mundo se enfrentan a desafíos sin precedentes a causa de la creciente demanda de alimentos por una población en auge, el aumento del hambre y la malnutrición, los efectos adversos del cambio climático, la sobreexplotación de los recursos naturales, la merma de la biodiversidad y la pérdida y el desperdicio de alimentos. Estos desafíos pueden socavar la capacidad del mundo para satisfacer sus necesidades alimentarias presentes y futuras. En otras palabras, un menor número de personas dispone de acceso adecuado a suficientes alimentos nutritivos. www.fao.org/state-of-food-security-nutrition

La visión de la FAO en favor de una alimentación y una agricultura sostenibles se basa en que los alimentos son nutritivos y accesibles para todos y en que los recursos naturales se gestionan de tal forma que se preservan las funciones de los ecosistemas para responder a las necesidades humanas del presente y el futuro.

Según la FAO, la modificación genética de variedades agrícolas no es la panacea, pero sí puede ofrecer alternativas a la hora de **mitigar el hambre en el mundo** y, al mismo tiempo, avanzar hacia una agricultura más sostenible. Entre sus ventajas están mayor resistencia a los agentes externos (sean plagas, condiciones climáticas o productos químicos) y mayor productividad con menos insumos. Entre los argumentos en contra destacan la interacción de estas especies y sus genes con el medio salvaje y la aparición de nuevas enfermedades resistentes y más difíciles de combatir.

Nuestros actuales sistemas alimentarios y agrícolas no están afrontando los principales desafíos de nuestro tiempo, mientras millones de personas siguen padeciendo hambre o malnutrición. Sin cambios profundos en estos sistemas, resultará imposible alcanzar un nivel de producción que satisfaga nuestras necesidades con una base de recursos naturales que ya se encuentra seriamente agotada. Es necesario que expandamos y aceleremos la transición hacia una alimentación y una agricultura sostenibles, que garanticen la seguridad alimentaria mundial, brinden oportunidades económicas y sociales, y protejan los servicios ecosistémicos de los que depende la agricultura.

La inmediatez en la búsqueda de soluciones es una necesidad urgente si se quiere favorecer el desarrollo de una agricultura sostenible; los resultados de la ciencia y las investigaciones deben aportar gran parte de estas soluciones que deben ser socializadas a través de publicaciones como la que hoy se ofrece a través de este No. **Agricultura sostenible para una alimentación segura**, tales como: Caracterización Física y Química de Vermicompost obtenido a partir de la Biomasa Residual de tres sistemas Agrícolas; Rendimiento de acelga (*Beta Vulgaris* L.) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada; Efecto combinado de fertilización química y Biochar en crecimiento y desarrollo del cultivo de Maíz (*Zea Mays* L.); Incidencia de fertilización orgánica en crecimiento y desarrollo del cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa* L.); Humedad del Suelo Satelital para el análisis de variabilidad de producción de Banano (Arenillas-Ecuador); Formación en Cultura Agroecológica en la Finca Punta “La Cueva”; Respuesta morfoagronómica de plantas de *Dioscorea alata* L. clon Caballo con distintos tutorados; Los procesos capacitivos como base para emprender la innovación en estructuras productivas locales. Entre otros que abordan el tema desde perspectivas diferentes, pero siempre en función de una agricultura sostenible para una alimentación segura.

GRACIAS

01

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE VERMICOMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LA BIOMASA RESIDUAL DE TRES SISTEMAS AGRÍCOLAS

PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS OF VERMICOMPOST PRODUCED FROM RESIDUAL BIOMASS FROM THREE CULTIVATION SYSTEMS

Carlos Pezo Jácome^{1*}

E-mail: cpezo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2069-0296>

Salomón Barrezueta-Unda¹

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

ORCID: [0000-0003-4147-9284](https://orcid.org/0000-0003-4147-9284)

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

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pezo Jácome, C., Barrezueta-Unda, S. (2023). Caracterización Física y Química de Vermicompost obtenido a partir de la Biomasa Residual de tres sistemas Agrícolas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 6-13. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo del estudio fue la caracterización física y química del compost y vermicompost obtenidos a partir de la biomasa residual de tres sistemas agrícolas (raquis de banano, mazorca de cacao, maíz). Para ello, se diseñaron tres tratamientos diferentes, cada uno compuesto por una combinación específica de biomasa residual, incluyendo raquis de banano, cáscara de cacao, tuza de maíz y estiércol. Los métodos incluyeron el monitoreo de pH y temperatura durante el proceso de compostaje y luego de vermicompostaje, así como análisis de laboratorio para determinar la composición química de los productos finales. Además, se evaluó la población de lombrices y la producción de huevos de lombriz en cada tratamiento. Los resultados mostraron una variabilidad significativa en las propiedades de los productos en función de la biomasa utilizada. Los valores de pH se mantuvieron en rangos adecuados para la agricultura (pH 5.4 a 7.9), y se observaron baja CE y alta MO en el vermicompost. Los tratamientos que incluyeron cáscara de cacao y tuza de maíz presentaron un mayor contenido de fibra vegetal. La población de lombrices y la producción de huevos variaron entre los tratamientos, con una mayor actividad en un tratamiento que contenía raquis de banano. Este estudio resalta la importancia de seleccionar cuidadosamente la biomasa residual en los procesos de compostaje y vermicompostaje, ya que influye directamente en las propiedades químicas y físicas de los productos finales.

Palabras Clave:

Banano, cacao, compost; estiércol, *Esenia foetida*.

ABSTRACT

The aim of the research was to analyze the physical and chemical properties of compost and vermicompost made from the leftover biomass of three different agricultural systems (banana rachis, cocoa husk, maize). To achieve this goal, three treatments were created, each utilizing a specific combination of biomass, including banana rachis, cocoa husk, corn stover, and manure. Methods involved checking the pH and temperature during composting and after vermicomposting. We also evaluated the amount of earthworms and worm eggs in each treatment. Additionally, we examined the chemical composition of the end products in the laboratory. The outcome revealed that the product attributes significantly varied according to the biomass used. The pH levels remained within agriculture-appropriate ranges (pH 5.4 to 7.9). The vermicompost displayed low EC and high OM. Treatments with cocoa husk and corn stover showed an increased plant fibre content. Different treatments yielded varied earthworm population and egg production, with heightened activity observed in the banana rachis treatment. This research stresses the significance of selecting residual biomass carefully during composting and vermicomposting procedures. It has a direct effect on the chemical and physical features of the ultimate products.

Keywords:

Banana, cocoa, compost; manure, *Esenia foetida*.

INTRODUCCION

La gestión sostenible de los recursos naturales y la maximización del aprovechamiento de los restos de biomasa generados por las actividades agrícolas se han convertido en una preocupación fundamental en la era moderna. Con la creciente presión sobre los recursos naturales y la necesidad de abordar los desafíos ambientales, la utilización eficiente de los subproductos de la agricultura se ha vuelto esencial para garantizar la seguridad alimentaria y la salud del ecosistema (Ojeda-Morales et al., 2023).

Los restos de biomasa vegetal resultantes de las cosechas agrícolas son una fuente rica en materia orgánica que, si se maneja adecuadamente, puede desempeñar un papel clave en la mejora de la fertilidad del suelo, la conservación de la humedad y la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos (Ortiz-Ulloa et al., 2020). Sin embargo, en muchos casos, estos residuos se desaprovechan o se gestionan de manera inadecuada, lo que puede llevar a problemas ambientales como la degradación del suelo y la contaminación del agua (Ojeda-Morales et al., 2023).

Biomasa residual y compost

La biomasa residual, que comprende la materia orgánica generada por actividades antropogénicas en sectores agrícolas, ganaderos, forestales e industriales, se revela como un recurso renovable fundamental para distintos procesos. Por ejemplo, su potencial para el aprovechamiento energético a través de la digestión anaerobia o la fermentación mediante el compostaje. Este enfoque de reutilizar la biomasa no solo contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también disminuye la dependencia de los combustibles fósiles (Biruntha et al., 2020).

Una de las formas de gestión de la biomasa residual es mediante el compostaje, un proceso que imita la descomposición natural de residuos orgánicos mediante la acción de microorganismos, que se erige como una práctica ambientalmente beneficiosa para la agricultura y la ecología en general (Quadar et al., 2022). Al transformar residuos orgánicos en abono natural, promueve el desarrollo sostenible y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, al tiempo que previene la contaminación del agua por lixiviados o nitratos derivados de los residuos.

Sin embargo, a pesar de sus beneficios evidentes, la implementación del compostaje enfrenta desafíos, como la necesidad de garantizar su inocuidad mediante la eliminación de patógenos en la fase termofílica, después de la fase mesofílica, que es más eficiente en la descomposición de la materia orgánica (Uribe-Lorío et al., 2023).

Vermicompost

El vermicompostaje o vermicopst es un método complementario que involucra a lombrices y otros microorganismos para descomponer la materia orgánica, destacándose por su capacidad para mejorar la asociación simbiótica mutualista con bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos

endomicorrícicos. Esto lo convierte en una opción adecuada para zonas semiáridas (Hassan et al., 2022).

Este proceso vermicompost implica la utilización de lombrices, en particular la lombriz roja californiana (*Eisenia andrei*), para convertir biomasa en humus, un compuesto rico en nutrientes, reguladores de crecimiento y donde crecen microorganismos beneficiosos (Quadar et al., 2022). El vermicompost resultante se caracteriza por su granulometría fina, alta porosidad y capacidad de intercambio catiónico elevada (Biruntha et al., 2020).

En este contexto, surge la necesidad de abordar de manera integral el manejo y la caracterización de los restos de biomasa vegetal, con el objetivo de comprender mejor su composición física y química, así como su potencial impacto en la calidad del suelo y el medio ambiente. En este artículo científico, tiene como objetivo principal la caracterización de los restos de biomasa vegetal de tres sistemas agrícolas distintos.

METODOLOGIA

Descripción del área

La investigación se dividió en la producción de compost y vermicompost en campo y la medición de varios parámetros en laboratorio. El trabajo de campo se realizó en el área de frutales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala (Machala, Provincia de El Oro-Ecuador), ubicada en las siguientes coordenadas geográficas es: 3°15'52.29" S, 79°57'4.3" W. La temperatura media anual fluctúa entre 23 a 29 C, con una precipitación acumulada de 550 mm.

Obtención del Compost

Se empezó con la recolección de la biomasa residual de tres sistemas agrícolas: raquis de banano (*Musa acuminata* L.), hojas y la cascara del cacao (*Theobroma cacao* L.), brácteas y tuza de maíz (*Zea mays* L.), que se cultivan en la Facultad de Ciencias Agropecuaria. Estas biomásas residuales se combinaron con hojarasca del árbol samán (Fabácea: *samanea*), pasto elefante (*Eriochloa polystachya* Kunth) y estiércol de ganado vacuno, biomásas también disponibles en la Facultad. Con estas biomásas se conformó tres tratamientos: T1= raquis de banano, Hojas de cacao; Estiércol de ganado 2; T2= cascara de mazorcas de cacao; Tusa de maíz; pasto elefante; estiércol de vaca y T3= panta de maíz-hojas de samán- estiércol de ganado vacuno.

El proceso de compostaje se realizó de la siguiente de esta manera: Se excavaron tres hoyos de 2 metros de ancho, 2 metros de largo y 1 metro de profundidad. En cada uno de estos hoyos, se distribuyeron uniformemente los diferentes tratamientos, colocando cada tipo de material de biomasa de manera equitativa. Posteriormente, se procedió a mezclar todas las biomásas minuciosamente hasta obtener una mezcla completamente homogénea. En el centro de cada hoyo, se instaló un tubo perforado con el propósito de permitir la liberación de los gases generados durante el proceso de compostaje.

Para mantener las condiciones adecuadas, se cubrieron los tres hoyos con material plástico. Cada cuatro días, se llevó a cabo la remoción de la mezcla con el fin de garantizar una adecuada aireación del material. Además, se aplicó una solución de suero de leche, la cual consistía en una disolución de 1 litro de suero de leche en 5 litros de agua de riego. Este proceso se realizó de manera regular para favorecer la actividad microbiana y el desarrollo del compost.

La cosecha del compost se realizó una vez que la temperatura se estableció en entre 25 a 27 grados centígrados.

Obtención del vermicompost

Una vez cosechado el compost se colocaron en tres reactores, uno por cada tratamiento (Figura 1). Para la obtención del vermicompost, se diseñaron tres reactores utilizando cajas de madera con dimensiones de 32 cm de ancho, 38 cm de largo y 20 cm de profundidad, cada una de ellas con un fondo plástico perforado (Figura B). Estas perforaciones tenían la finalidad de facilitar el movimiento de las lombrices entre los compartimentos. Al fondo de cada reactor se colocó un recipiente plástico destinado a la recolección de lixiviados. Con el propósito de proteger el sistema, los tres reactores se cubrieron con material plástico y se dispusieron bajo techo para evitar que las condiciones climáticas, como las precipitaciones o la radiación solar intensa, afectaran el proceso de vermicompostaje y el bienestar de las lombrices.

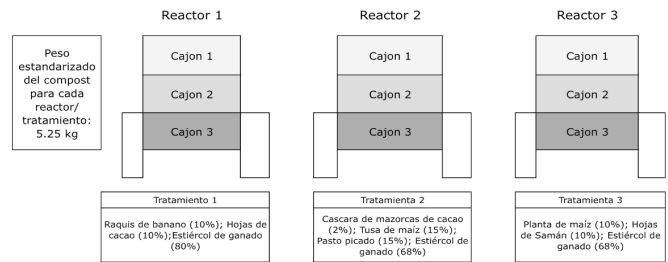
Las lombrices para que se adapten al sustrato (compost) fue necesario colocar un kilo de tierra en otro recipiente con un kilo de compost de cada tratamiento 10 días después se pasaron a los reactores. En cada reactor 350 colocaron lombrices en el cajón 1.

Cada cuatro días, se llevó a cabo un riego de dos litros de agua por reactor, con el propósito de mantener las condiciones de humedad adecuadas. Además, para prevenir la presencia de hormigas, uno de los principales depredadores de las lombrices, se aplicaron 200 ml de vinagre diluido en un litro de agua.

La cosecha del vermicompost se realizó en dos etapas: en primer lugar, se cosechó el cajón 3 a los 60 días, y posteriormente, 30 días después, se cosechó el cajón 2. Esto implicó que el cajón 3 se convirtiera en el cajón 1 en la primera cosecha, y el cajón 2 pasara a ser el último. Esta metodología de rotación de los cajones se utilizó para optimizar el proceso de vermicompostaje y facilitar la recolección a medida que los cajones se desocupaban. La cosecha se realizó con un matiz de malla 5 mm por 5 mm, para esto fue necesario no regar por 10 días y dejar al descubierto los reactores por 24 horas, una vez cosechado se llevaron las muestras al laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

A)

Figura 1. Esquema de los tratamientos para proceso de vermicompost: A) Diseño de los tratamientos; B) fotografía de los reactores en campos



B)



Caracterización física

Temperatura (°C). Se midió con un termómetro de mercurio, él se registró fue cada 28 días a las 12:00 horas en centro de cada fosa del compost. Mientras que el vermicompost cada 15 días durante 3 meses, también a las 12:00 horas, y se midió de arriba hacia abajo. Se comparo los datos de temperatura ambiente con el registro de la empresa Wolfram Alpha (<https://www.wolframalpha.com/pro/pricing/students>).

Humedad (%). Para la determinación de humedad se procedió a pesar 10 gramos de muestra (vermicompost) para introducir en la estufa se mantener en 105°C, durante 4 horas. Se enfría en el desecador durante 20 minutos y se pesa el contenido total de la capsula. Es importante verificar que el peso sea constante para luego utilizar la Ecuación (1).

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Fibra (%). Este parámetro se obtuvo mediante el método de Weender modificado. Las muestras de vermicompost fueron sometida a extracción con disolventes orgánicos en bolsas de Weender en mufla a 550°C por 2 horas. Luego se coloca en un desecador por 30 minutos y se pesaron. Se calcula el contenido de Fibra Cruda se obtiene de la Ecuación (2).

$$\text{Fibra (\%)} = \frac{P1 (g) - P2 (g)}{Pm} \times 100 \quad (2)$$

Donde: Peso de la muestra sometida a calcinación se representa con P1 y Peso de la muestra calcinada con P2; el Peso de la muestra sometida a la digestión se identifica con Pm.

Ceniza (%). Este valor se determinó mediante el método termogravimétrico, que consiste en someter a las

muestras de vermicompost a calcinación entre 550 - 600 °C, durante 4 horas, hasta obtener un residuo de color blanco o grisáceo. Se extrae el crisol con las cenizas de la mufla, se enfría en un desecador y se pesa para su cálculo con la Ecuación (1), utilizada para determinar humedad.

Material volátil (%): Este valor se calcula por diferencia de peso entre el peso inicial de la muestra menos los valores de humedad y ceniza.

Caracterización química

Para determinar el pH del compostado y vermicompost se utilizó un medidor manual marca Hanna (Hi 9880, Rumania), medido directo a las pilas de compost y en cada reactor. También se midió el pH y la Conductividad eléctrica en agua destilada relación 2:2.5 (muestra/agua). Esta solución se agito por 5 horas, luego se filtró y se dejó decantar por 24 horas. El líquido obtenido de la filtración se midió los parámetros pH y CE por triplicado.

La determinación de la materia orgánica del vermicompost se realizó por calcinación. Se pesó cinco (5) gramos de vermicompost depositados en capsulas de porcelana que se secaron por 24 horas en la estufa a 105°C. Transcurrido el tiempo las muestras se enfriaron en desecador y luego se obtuvo el peso inicial en una balanza analítica digital. Luego se introdujeron las muestras en la mufla a una temperatura de 360°C por 2 horas, nuevamente se enfriaron en desecador y se pesó la muestra en balanza analítica. La materia orgánica contenida en la muestra se encuentra por la diferencia de los pesos iniciales y finales. El cálculo del porcentaje de materia orgánica se presenta en la ecuación (3).

$$\text{Materia orgánica} = \frac{\text{peso a } 105\text{ }^\circ\text{C} - \text{Peso a } 360\text{ }^\circ\text{C}}{\text{Peso a } 105\text{ }^\circ\text{C}} \times 100 \quad (3)$$

Como parte de los análisis químicos se realizó la determinación de amoníaco, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en un espectrofotómetro visible iris (HI801-01, Rumania), de longitud de onda entre 340 nm y 900 nm. Estas mediciones se realizaron en el laboratorio de química de la facultad de Ciencias Agropecuarias.

Registro de lombrices y huevos

Para el conteo se hace un divide cada cajón en cuatro partes. En cada caja, se extrae con un vaso vacío de 250 mm vermicompost de cada cuadrante. Se anota su peso y se vacía el vaso sobre un recipiente para proceder a contabilizar las lombrices y huevecillos que se encuentran en cada una de las muestras tomadas.

Análisis estadístico

Para analizar las características físicas y químicas se realizó un análisis estadístico descriptivo, en el programa SPSS. También se realizaron graficas en Excel y tablas para la presentación y discusión de los datos obtenidos.

RESULTADOS

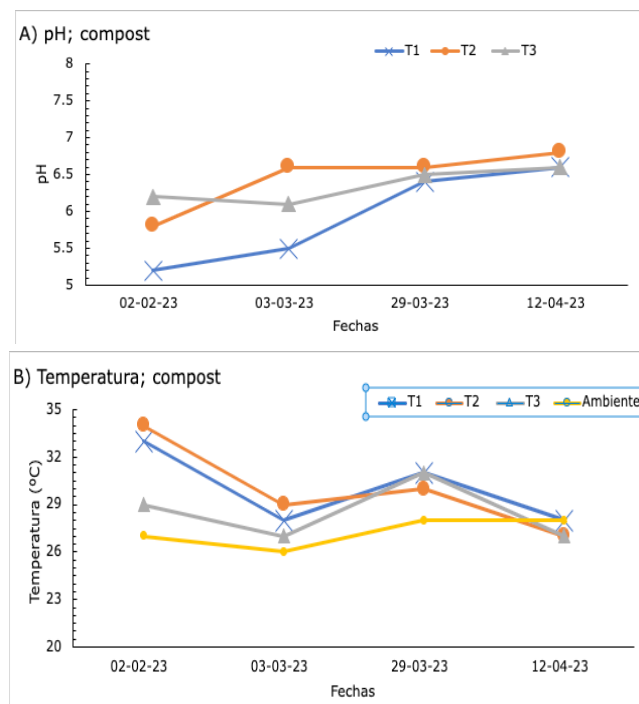
Características del compost

La Figura 2 muestra la evolución del pH y la temperatura durante el proceso de compostaje. En el tratamiento T1, el pH inicialmente osciló entre 5.30 y 5.50, considerado ácido, pero se estabilizó cerca de 6.70 después de 90 días, manteniéndose hasta la cosecha a los 100 días. T2 mostró valores más neutros (6.00-6.80), y T3 fluctuó en un rango estrecho (6.3-6.1), convergiendo hacia un pH de 6.70.

Estos datos reflejan una dinámica compleja en la evolución del pH, atribuida a la liberación inicial de ácidos orgánicos y metabolitos durante la descomposición de la materia orgánica. La convergencia hacia la neutralidad indica una maduración del compost, donde los microorganismos estabilizan la acidez y equilibran la liberación de productos de descomposición (Hassan et al., 2022; Quadar et al., 2022).

La temperatura ambiente se mantuvo entre 24-28°C, mientras que en los tratamientos fluctuó entre 23-34°C, con T2 registrando la temperatura más alta inicialmente. Al final, las temperaturas se estabilizaron en 28-30°C. La variabilidad térmica se relaciona con la composición de los materiales, como cáscara de cacao y tuza de maíz, ricos en carbono y nitrógeno. Estos resultados indican que los componentes orgánicos influyen en la generación de calor y sugieren diferencias en la velocidad de descomposición, y que la temperatura ambiente no influyó en el proceso (Hassan et al., 2022).

Figura 2. Serie temporal del: A) pH del compost; B) Temperatura del compost



En la Tabla 1 se detallan las características químicas del compost cosechado en los tres tratamientos, con un énfasis en el pH, la conductividad eléctrica (CE), el nitrógeno total y el contenido de fibra. Los valores de pH se mantuvieron muy similares, fluctuando estrechamente entre 7.34 (T3) y 7.38 (T1). Sin embargo, se observaron diferencias notables en otros parámetros.

La alta CE registrada en T1, con un valor de 2.09 dS m⁻¹, podría estar relacionada con la presencia de un mayor porcentaje de estiércol bovino en este tratamiento, así como con la inclusión del raquis del banano. Estos componentes pueden contribuir a la acumulación de sales en el compost, lo que se refleja en la CE más elevada. Este aumento puede deberse al incremento de la concentración de sales como producto de la descomposición de la materia orgánica. Además, durante el proceso de vermicompostaje, los nutrientes y los productos de degradación pasan a la fase soluble debido a la reducción del crecimiento microbiano, lo que provoca un aumento del valor de la CE.

En cuanto al contenido de materia orgánica (MO), T3 mostró el valor más bajo, con un 2.52%. Esto podría deberse a

diferencias en la composición de los materiales utilizados en ese tratamiento y su tasa de descomposición durante el proceso de compostaje.

Los valores de nitrógeno total variaron entre 2.61% (T3) y 2.75% (T1), sin mostrar diferencias sustanciales entre los tratamientos.

Lo más destacado es que los porcentajes de fibra fueron significativamente menores en T1, con un 12.80%, en comparación con los otros tratamientos. Esta diferencia podría atribuirse a una descomposición más rápida y efectiva de los componentes del compost en T1, posiblemente relacionada con la presencia predominante de raquis de banano. Esta rápida descomposición pudo haber influido en la reducción de la fibra en este tratamiento en particular.

Los niveles de nitrógeno amoniacal, potasio, fósforo, magnesio y calcio fueron muy parejos en los tres tratamientos del compost, siendo más elevado el K y el Ca en T2, tratamiento que como se indicó se conformó de una mezcla más heterogénea de biomásas.

Tabla 1. Características químicas del compost por tratamiento

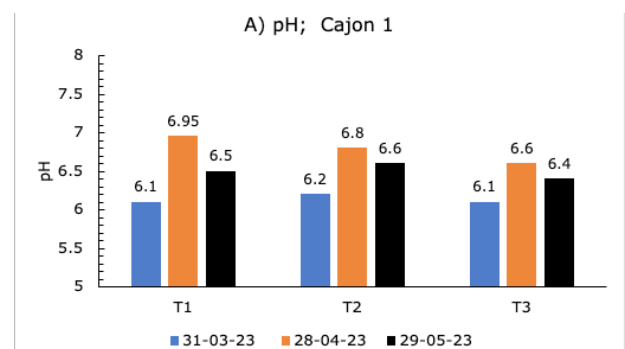
TRATAMIENTOS	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (%)	NH4 (mg/Kg)	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Fibra (%)
T1 COMPOST	7,38	2,09	3,24	0.02	150	6.5	1.05	20	12,80
T2 COMPOST	7,36	1,52	3,15	0.03	155	6.4	1	25	13,72
T3 COMPOST	7,34	1,81	2,52	0.2	122	5.3	1.5	22	13,20

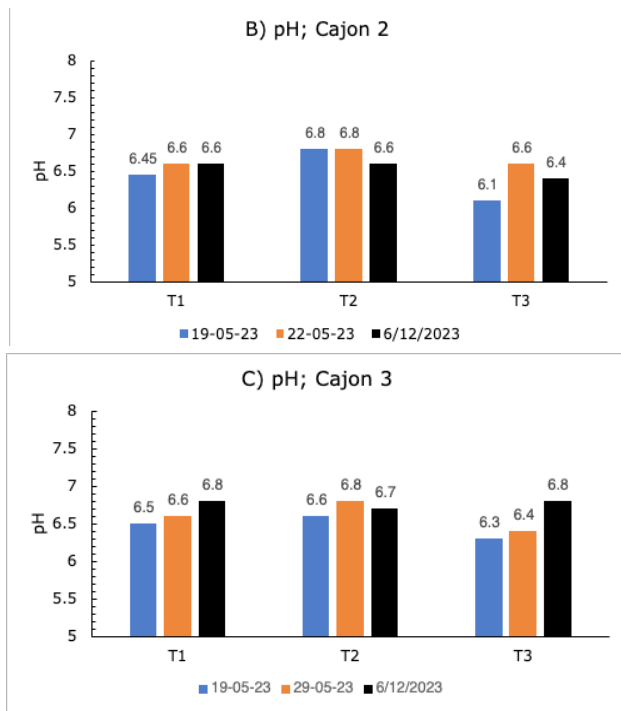
Fuente: Elaboración propia

Caracterización del vermicompost

La medición del pH en los tres cajones y entre los diferentes tratamientos presentó una variabilidad notable. En la Figura 3A, correspondiente al primer cajón, se observaron valores que fluctuaron en un rango de 6.2 a 6.9. El tratamiento T2 mostró valores más altos, variando de 6.90 a 6.60, mientras que el tratamiento T1 registró valores entre 6.1 y 6.2. En el segundo cajón (Figura 3B), los valores se mantuvieron cerca de la neutralidad en las tres ocasiones en que se realizaron las mediciones para todos los tratamientos. Sin embargo, en el último cajón (Figura 3C), se observó un aumento de los valores de pH, especialmente en el tratamiento T3, donde se registraron fluctuaciones del pH entre 6.8 y 6.9.

Figura 3. Medición de pH: A) cajón 1; B) cajón 2; C) cajón 3





En la Tabla 2, se observó un pH más alcalino en el vermicompost, indicando un ambiente más neutral en estos materiales. La conductividad eléctrica (CE) fue baja en ambos productos, lo que sugiere bajos niveles de sales solubles.

Un hallazgo interesante fue la variación en el contenido de materia orgánica (MO) entre los tratamientos. Los

Tabla 2. Características químicas del vermicompost por tratamiento

TRATAMIENTOS	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (%)	NH ₄	K (mg/Kg)	P (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Ca (mg/Kg)	Fibra (%)
T1 VERMICOMPOST	7,52	1,60	3,03	0.40	198	6.8	1.46	145	13,89
T2 VERMICOMPOST	7,43	1,50	3,11	1.09	184	6.5	1.6	97	20,29
T3 VERMICOMPOST	7,59	1,56	3,14	0.63	179	7.73	1.8	126	17,52

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 muestra los porcentajes de humedad, ceniza y material volátil en los productos de vermicompost obtenidos de tres tratamientos con diferentes composiciones de biomasa. Estos resultados proporcionan una visión esclarecedora de las diferencias en la composición del vermicompost y su relación con la materia prima utilizada. Se observa una variabilidad significativa en la humedad presente en los tres tratamientos. El tratamiento T2, compuesto principalmente por cáscara de cacao y tuza de maíz, exhibió el mayor contenido de humedad, con un impresionante 42.56%. Le siguen el tratamiento T1 con un 37.33% y el tratamiento T3 con un 29.62%. Esta variación en la humedad podría explicarse por la naturaleza intrínseca de los materiales utilizados en cada

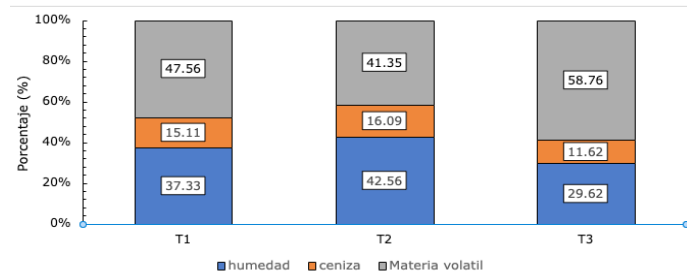
valores de MO fluctuaron entre 3.03% y 3.11%, siendo más altos en el tratamiento T2. Además, se observó una notable diferencia en el contenido de fibra vegetal entre T1 y T2. El tratamiento T2, compuesto principalmente por cáscara de cacao y tuza de maíz, exhibió un mayor porcentaje de fibra (20.29%) en comparación con T1, que consistió en raquis de banano y estiércol, con un valor de 13.89%. Esta diferencia podría estar relacionada con la mayor resistencia de las ligninas presentes en la cáscara de cacao y la tuza de maíz (Molavi et al., 2023; Shin & Rowell, 2005).

En relación a los macronutrientes, se observaron diferencias notables entre los tratamientos. El tratamiento T1, compuesto principalmente por raquis de banano, presentó los valores más altos de potasio (K) y calcio (Ca), con concentraciones de 198 mg/kg y 145 mg/kg, respectivamente. Esto se debe a la alta presencia de K y Ca en la biomasa del raquis de banano. El segundo valor más alto de K se registró en el tratamiento T3, con 184 mg/kg, seguido también por T3, que presentó 179 mg/kg de K. Los elementos fósforo (P) y magnesio (Mg) mostraron valores similares y cercanos en todos los tratamientos, oscilando entre 6.5 mg/kg (T1) y 7.73 mg/kg (T3) para P, y entre 1.6 mg/kg (T2) y 1.8 mg/kg (T3) para Mg.

En cuanto a los niveles de amonio (NH₄), se observó que el valor más alto se encontraba en el tratamiento T2, seguido por T3 y T1. Generalmente se consideran un indicador positivo de nitrógeno disponible para las plantas. Valores altos de amonio pueden ser beneficiosos si se necesita un suministro rápido de nitrógeno

tratamiento, con la cáscara de cacao y la tuza de maíz que tienden a retener más humedad en comparación con otros componentes. De manera similar, la ceniza presente en el vermicompost también reflejó una variación relacionada con la composición de la biomasa. Los valores de ceniza fluctuaron desde 11.62% en T3 hasta 15.11% en T1 y 16.09% en T2. Estos resultados pueden asociarse con la presencia de cenizas en los materiales de entrada, como el estiércol y la cáscara de cacao, que aportan un mayor contenido de ceniza al producto final (Munongo et al., 2017; Syarifinnur et al., 2023). La composición de material volátil también sigue un patrón similar, al de humedad y ceniza.

Figura 4. Distribución porcentual de humedad, ceniza y material volátil del vermicompost por tratamiento

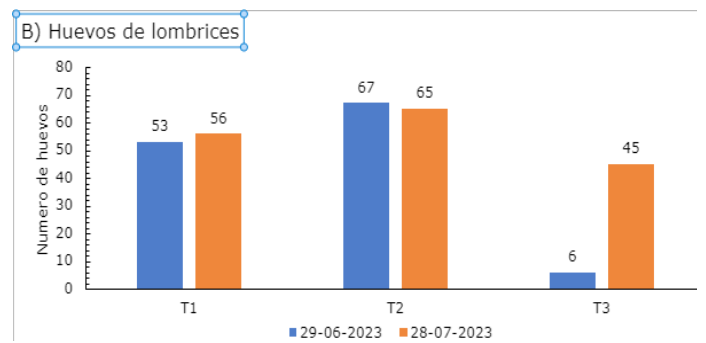
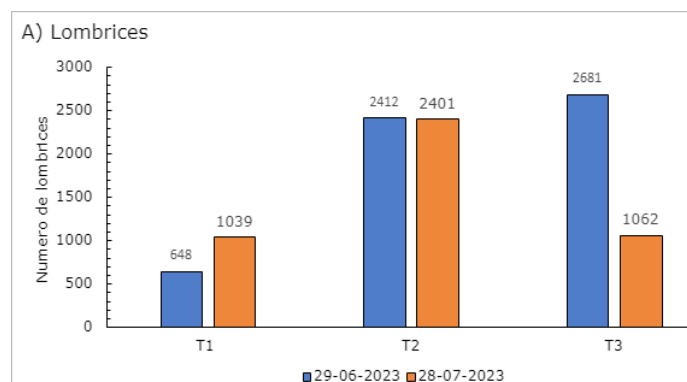


En el tratamiento T2, se observó un número notablemente alto de lombrices en ambas cosechas, con cifras casi idénticas de 2402 y 2401 individuos respectivamente. Esto sugiere una elevada actividad y una población estable en T2 durante el período de estudio.

En contraste, en el tratamiento T1, el número de lombrices aumentó de 648 antes de la primera cosecha a 1039 antes de la segunda cosecha, indicando un crecimiento significativo en la población de lombrices. Sin embargo, en el tratamiento T3, la población de lombrices disminuyó de 2681 individuos antes de la primera cosecha a 1062 antes de la segunda cosecha. Esto sugiere una reducción en la actividad de las lombrices en T3 durante el mismo período.

En cuanto a la cantidad de huevos de lombriz, se observaron valores bastante estables en T1 y T2, con variaciones mínimas de 53 a 56 y de 67 a 65, respectivamente, entre las dos cosechas. En T3, aunque los valores iniciales eran bajos (6 huevos), se produjo un ligero aumento a 45 huevos antes de la segunda cosecha.

Figura 5. Dinámica poblacional lombriz roja californiana: A) número de lombrices; B) número de huevos de lombrices



CONCLUSIONES

Se observó una variabilidad considerable en la composición química de los productos de compostaje y vermicompostaje en los tres tratamientos. Esta variabilidad estuvo influenciada por la diversidad de los materiales orgánicos utilizados en cada tratamiento, lo que se reflejó en los valores de pH, CE, materia orgánica, y contenido de minerales. La presencia de componentes como la cáscara de cacao y la tuza de maíz contribuyó a un mayor contenido de materia orgánica y lignina, así como a una mayor humedad en ciertos tratamientos.

A pesar de las diferencias en la composición, todos los tratamientos de compost y vermicompost presentaron propiedades beneficiosas para la agricultura, como pH cercano a la neutralidad, contenido de materia orgánica y nutrientes que pueden mejorar la calidad del suelo y promover el crecimiento de las plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Biruntha, M., Karmegam, N., Archana, J., Karunai Selvi, B., John Paul, J. A., Balamuralikrishnan, B., Chang, S. W., & Ravindran, B. (2020). Vermiconversion of biowastes with low-to-high C/N ratio into value added vermicompost. *Bioresource Technology*, 297, 122398. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122398>
- Hassan, S. A. M., Taha, R. A., Zaied, N. S. M., Essa, E. M., & Abd, A. E. R. (2022). Effect of vermicompost on vegetative growth and nutrient status of acclimatized Grand Naine banana plants. *Heliyon*, 8(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10914>
- Molavi, F., Ebrahimi, A. A., Nabi Meibodi, M., Ehrampoush, M. H., Eslami, H., & Mokhtari, M. (2023). Effects of different vermicomposting process with cattle manure in the removal of sulfamethoxazole and trimethoprim antibiotics. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04264-z>

- Munongo, M., Nkeng, G., & Njukeng, J. (2017). Production and Characterization of Compost Manure and Biochar from Cocoa Pod Husks. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 2(2).
- Ojeda-Morales, M. E., Córdova-Bautista, Y., Álvarez-Ramírez, J. G., De Los, J., López-Lázaro, S., Martínez-Pereyra, G., & Morales-Bautista, C. M. (2023). Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos empleando sustancias húmicas de vermicomposta. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-18. <https://doi.org/10.28940/terra>
- Ortiz-Ulloa, J., Abril-Gonzalez, M., Pelaez-Samaniego, M., & Zalamea-Piedra, T. (2020). Biomass yield and carbon abatement potential of banana crops (*Musa spp.*) in Ecuador. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Quadar, J., Chowdhary, A. B., Dutta, R., Angmo, D., Rashid, F., Singh, S., Singh, J., & Vig, A. P. (2022). Characterization of vermicompost of coconut husk mixed with cattle dung: physicochemical properties, SEM, and FT-IR analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(58), 87790-87801. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21899-z>
- Shin, E. W., & Rowell, R. M. (2005). Cadmium ion sorption onto lignocellulosic biosorbent modified by sulfonation: the origin of sorption capacity improvement. *Chemosphere*, 60(8), 1054-1061. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.017>
- Syarifinnur, S., Nuraini, Y., Prasetya, B., & Handayanto, E. (2023). Comparing compost and vermicompost produced from market organic waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 12(3), 279-289. <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2022.1944251.1368>
- Uribe-Lorío, L., WingChing-Jones, R., Vidaurre-Barahona, D., Uribe, L., & Aráuz, L. F. (2023). Bacterias cultivables resistentes a oxitetraciclina durante el proceso de vermicompostaje de excretas bovinas. *UNED Research Journal*, 15(1), e4586. <https://doi.org/10.22458/urj.v15i1.4586>

02

IMPACT OF THE WORKFLOW MODEL ON THE ASSOCIATIVE MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS IN MANABÍ

IMPACTO DEL MODELO WORKFLOW EN LO ASOCIATIVO ORGANIZACIONES AGRÍCOLAS EN MANABÍ

Diego Aguirre Gonzalez¹

E-mail: decanato_online@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8871-9447>

Mayra Escalante Pineda¹

E-mail: mescalantep.doc@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2571-8022>

Harry Vite Cevallos²

E-mail: hvitec@usal.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2056-7111>

Sonia Soraya Urbina Bustos¹

E-mail: surbina@uteg.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2076-1574>

¹ Business Technological University of Guayaquil

² University of Salamanca

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Aguirre Gonzalez, D., Escalante Pineda, M., Vite Cevallos, H., Urbina Bustos, S. S. (2023). Impact of the workflow model on the associative management of agricultural organizations in Manabí. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 14-20. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

ABSTRACT

The Workflow model links ICTs with organizational and managerial management processes, with the aim of assisting decision-making in a hierarchical framework in companies, being a tool that contributes to business productivity, which should be empowered by all direct actors in the organization, in this sense the present research is carried out, The purpose of this research is to investigate the impact of the Workflow model in the associative management of agricultural organizations in Manabí, in order to establish the optimal workflow model for associative management and to analyze the impact of the model on the exchange of information between the hierarchical levels of agricultural organizations.. Regarding the methodological design, the analytical-heuristic method is used to determine the components of this research, starting from the characterization of the variables under study, also as a tool to obtain data, a survey of 15 questions is used, applied to 30 agricultural organizations in Manabí, which are organized into latent variables in order to ensure a structured measurement of the information. As conclusions, it was possible to establish that there is a significant and positive relationship between the Workflow Model and the associative management of agricultural organizations.

Key words:

Associative Management, Workflow, Processes, Organizational Structure, Information Systems.

RESUMEN

El modelo de trabajo Workflow logra vincular las TICs con los procesos de gestión organizacional y gerencial, con el objeto de coadyuvar a la toma de decisiones en un marco jerárquico en las empresas, siendo una herramienta que aporta a la productividad empresarial, misma que debe ser empoderada por todos los actores directos en la organización, en tal sentido se efectúa la presente investigación, para indagar acerca del impacto del modelo Workflow en la gestión asociativa de las organizaciones agrícolas de Manabí, con el propósito de establecer el modelo de flujo de trabajo óptimo para la gestión asociativa además de analizar el impacto del modelo en el intercambio de información entre los niveles jerárquicos de las organizaciones agrícolas.. En lo que respecta al diseño metodológico, se emplea el método analítico-heurístico para determinar los componentes de esta investigación, partiendo de la caracterización de las variables objeto de estudio, asimismo como herramienta para obtener datos, se emplea una encuesta de 15 preguntas, aplicada a 30 organizaciones agrícolas en Manabí, las cuales se organizan en variables latentes con la finalidad de garantizar una medición estructurada de la información. Como conclusiones se pudo establecer que existe relación significativa y positiva entre el Modelo Workflow y la gestión asociativa de las organizaciones agrícolas.

Palabras clave:

Gestión Asociativa, Workflow, Procesos, Estructura organizativa, Sistemas de Información.

INTRODUCTION

Currently, the associative management of agricultural organizations is seen as a mechanism for improving and increasing productivity and competitiveness. This will contribute to the sustainable growth of both the agricultural sector and the economic growth of countries, especially those in Latin America and the Caribbean. Ecuador has the ideal climatic and soil conditions for the cultivation of both traditional and non-traditional agricultural products.

Therefore, it is imperative to take advantage of this potential, to harmonize with technological processes, establishing strategies to improve and increase the productivity and competitiveness of this sector, especially when important advances have been made, such as the implementation of Big Data in agricultural production processes (Vite et al., 2020).

This research deals with the Workflow model for the associative management of agricultural organizations, the same that allows an optimal information process, which consists of parameters concerning areas such as: production, marketing, finance, and management development. Likewise, this model establishes the organization and distribution of the different activities and resources (economic, material and human) that a company has together with the implementation of technology for an effective flow of information and organizational communication, which is reflected in an adequate associative management with a high degree of performance, cooperativity, associativity, and competition.

For this study, the term Workflow is used, this was created by the Workflow Management Coalition (WfMC), it consists of a system that allows determining the guidelines, bases, and processes of the elements of this model, it specifies the procedures of the operational area, support and strategies. In fact, it is conceptualized as the distribution of each element and activities concerning the work environment that an entity continuously executes; where the responsibility of each position and job is established, the chronological order of their actions and the corresponding way to perform them, the interrelation between the different departments and hierarchies, as well as the flow of information and level of compliance with organizational objectives (Valero-Pastor, Carvajal- Prieto, & García-Avilés, 2019). For the above mentioned, ISO 9001:2015 standards are used as a reference for this study, linked to the methodology called Business Process Management (BPM).

Background of Workflow research

This model conceives the task of increasing the performance of the processes of the departments and activities in an effective way, which achieves the reduction of the level of costs and work time; on the other hand, it admits decreasing the margin of error, which guarantees the total quality. The automation of business processes is

through the so-called Workflow Management Systems that are carried out with the implementation and use of ICTs (Menéndez & Castellanos, 2016). Before starting with the design and implementation of a Workflow model, there is a dilemma with good reason on the part of the personnel in charge, due to insufficient knowledge and practice on what initial actions should be followed in this process, what type of technologies, the most suitable programming language and whether the entire system to be executed meets the parameters and expectations of quality management (Moreira-Pico et al., 2022).

In a study conducted in 2016, a Workflow system and tools were proposed to enable the effectiveness of organizational processes to improve and increase the level of productivity; its main purpose being to demonstrate that management systems are the primary key to increase competitiveness, especially in small and medium enterprises (Marrero, 2016). In another research work, it was determined that in business processes there are constant exchanges of information, through a system of steps guided by guidelines and patterns that are based on the support of information and communication technologies. Now, this process is finally transformed into knowledge, which allows managers, to make decisions regarding organizational management (Polo, 2019). About the agricultural sector in Ecuador, it is stated that this area is still developed in a traditional and inefficient way, which delays activities, produces errors and above all inequity in the allocation of resources and that these are delivered in a timely manner. On the other hand, the lack of organizational hierarchy hinders the flow of information and work, resulting in reduced productivity and high costs of operations for the organization (Albán, 2017).

Workflow Definitions

Workflow is the partial or global automation of organizational management; through a series of formalities that guide the achievement of organizational objectives, with the support of information technologies (Menéndez & Castellanos, 2016). Also, it is conceived as the conglomerate of processes, personnel, hierarchization and ICTs, being employed in an organized manner to achieve the strategic objectives of the company. Additionally, it is supported based on BPM as an indispensable tool to define, organize, automate and evaluate processes on an ongoing basis (Ortiz, 2020).

According to another concept, the Workflow consists of a system for the organization of the processes of an organization, from the operational to the top management, with the purpose of delimiting the correct designation of the position and coordination with the other departments, considering the preponderant role of each member of the entity, to achieve an optimal flow of information that assists managers in decision making, by relying on technology (Gutiérrez, 2019).

Workflow Lifecycle and Typology

Regarding the Workflow life cycle, this is determined by a series of components such as the analysis, assessment and structure of the processes that are supported through technological systems, maintaining an optimal workflow, according to a time that can be adjusted to the needs (Polo, 2019). Regarding the design of technologies, this involves the execution of the information process; the orientation to employees is to achieve effective communication with internal and external customers; and as for organizational development, this focuses on the achievement of strategic objectives, involving the remodeling of the overall organizational management (Ortiz, 2020).

At present, several types of Workflows have been developed, based on business needs. The most common are mentioned below: Collaborative Workflow (favors the achievement of strategic objectives), Production Workflow (repetition and complexity of operational processes), Administrative Workflow (assignment of roles and functions to personnel), Ad hoc Workflow (aimed at projects involving resources and specific time). Each one of them allows obtaining benefits to the organization (Menéndez & Castellanos, 2016).

Workflow model applied to research

In this research, a Workflow model has been chosen that is considered neutral with respect to the technological issue; that is, this model is independent in relation to the technology structure (Marrero, 2016). Now, concerning the dependent variable (associative management), this will be a function of the independent variables (information technologies, processes, and information management tools), where the corresponding dimensions will be established as mentioned below:

Information technology: internal and external communication through software.

Management systems: there are different management systems according to the needs of the company, such as enterprise resource planning systems, supply chain management systems, customer relationship management systems, knowledge management systems (Marrero, 2016).

Interaction: is the exchange of information between functional departments that serves for decision making, generally these areas are production, marketing, finance and accounting, human talent. These processes are executed through office automation systems or products (Chan-Canche & Díaz-Rodríguez, 2017).

Utility: information systems are organized according to the needs and complexity of the different departments, where the following can be found according to their utility: transaction processing system (day-to-day accounting and financial operations), knowledge management system (information search engine for all personnel to find relevant information), office information system (helps personnel

responsible for information processing), management information system (provides information for planning, organizing and coordinating), decision support systems (provides information for decision making), management support system (supports strategic problem solving). In this way, the usefulness of information systems is consolidated (Alvarado et al., 2018).

Processes: is the conglomerate of direct and indirect activities that are performed in the achievement of a result, classified into primary, secondary, and tertiary processes; these activities are complex and arduous (Medina et al., 2019).

Operational process control is the contribution and organization of all organizational processes in order to achieve strategic objectives effectively (Estrada et al., 2018).

Availability of support processes: it is possible to promote workflows suitable for the evaluation of processes and subsequently the information collected can be used for decision making (Castelán, 2016).

Efficiency of strategic processes: tools that allow the interpretation of data and results that contribute to decision making in strategic processes.

Information management tools: these instruments support the development of strategic, operational, and tactical actions; they also allow the collection of data, which are transformed into results for senior management decision-making (Castelán, 2016).

Organizational structure: it is expressed through hierarchy levels, where the position and the respective functions of each member of the organization are designated; additionally, relevant information about the company and what are its organizational objectives and goals are exposed (Bueno et al., 2018).

BPM methodology: through this system, the guidelines and suitable processes are determined for each of the functional areas of the company in accordance with the appropriate quality standards that allow planning, analysis and design, improvements and implementation, monitoring, evaluation and finally feedback (Polo, 2019).

Information analysis metrics: in the planning of metrics, the organizational strategy must be considered, where the indicators necessary to achieve the objectives are defined. On the other hand, they will allow to reduce the uncertainty of the environment and the results obtained will be used for decision making by top management. The indicators are established in economic and financial, marketing, internal and growth indicators for management (Cortés, 2016).

Associativity and aspects of associative management

Associativity is conceptualized as the conglomerate of the potentialities of companies or organizations with the purpose of making strategic alliances, which allow them to obtain benefits to this group, by being more competitive

and being able to offer differentiated products in the globalized market (Vélez et al., 2019). In addition, it is stated that the participants of the associativity and therefore the value chain have a preponderant role in creating sources of employment and progress in the environment. Hence, the relevance of generating strategic alliances to improve their processes, products with which they can compete efficiently in the markets and finally rely on the use of technology and knowledge development (Fonseca-Carreño et al., 2020).

On the other hand, associative management is made up of two elements: associative/organizational and economic/productive. The first component is composed of the general guidelines of an organization; that is, the strategic objectives, mission and vision are defined together with the values. Meanwhile, the second element considers the management of administration such as planning, organization, direction, evaluation, and control (Altamirano et al., 2019).

Characteristics of associative management

As an essential characteristic of associative management, it perfects the planning process of companies; it also admits the delimitation of integration strategies to achieve the creation of a competitive advantage of the sector and that it optimizes and potentiates both its resources and activities, managing to minimize the weaknesses that may affect productivity (Maldovan, 2019).

The following are the relevant characteristics of associative management:

Integration strategies:

Business competitiveness

Productivity

Forms of Associativity

About the existing forms of associativity, the following are presented below and then each of them is defined for a better understanding: cooperation networks, business networks, productive alliances, cluster alliances, joint ventures, consortiums (García, 2021).

Cooperation networks: is the grouping of organizations that unify to share relevant information. In addition, they must maintain common objectives and goals, as well as seek to minimize risk.

Business networks: to solve problems related to insufficient technology, deficient production systems, insufficient levels of negotiation, productivity, and competitiveness.

Productive alliances: it consists of forming alliances to solve shortcomings in a specific productive area, considering the optimization of resources and strengths.

Cluster alliances: these are alliances that are made based on geographic convenience and type of business.

Joint venture: consists of the creation of a company, in which the parties involved contribute with equal resources to generate a new business.

Consortiums: this is the linking of companies that are legally organized to jointly create a common product (García, 2021).

Advantages of associativity

With regard to the advantages offered by the development of associativity, the most representative ones are shown below: it contributes to research and development, allows achieving efficiency in the value chain, fosters the development and opening towards new markets and types of association, reduces costs and decreases risk, improves negotiation processes, increases and establishes a continuous improvement of the productivity/competitiveness of the associations (Rodríguez & Ramírez, 2016).

Methodology

In the present research, a descriptive study (to describe the qualities of the variables and the evaluation of their results, based on what was proposed in the study) and a correlational study (to determine the level of relationship between the variables) are implemented as a type of study. The scope of the research will be given by the impact of the Workflow model on the associative management of the group under analysis. As for the approach, it is qualitative and quantitative, since both qualitative and numerical aspects will be analyzed, with which information will be collected to reach a final consensus. Likewise, in terms of research methods, the following methods will be used: analytical (through the analysis of a scenario and its decomposition, the alternatives for the solution of the equivalent are found) and heuristic (this system allows the researcher a certain freedom to find the solution to the problem in different ways by using algorithms).

For the unit of analysis, only legally constituted agricultural organizations in Manabí were considered. The population of this study is composed of 30 agricultural associations in Manabí. For the sample size, because the population is finite, the census will be used; that is, the entire population will be investigated for greater reliability of the results. The research variables and operationalization are defined as follows:

Dependent Variable: Associative Management (VD01).

Independent Variables:

Information Technology (VI01)

Processes (VI02)

Information management tools (VI03).

As for the sources of information, we will use primary information (agricultural organizations registered with the Superintendencia of Companies, Securities and Insurance; Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture

and Fisheries; National Institute of Statistics and Census) and secondary information (academic search engines; graduate theses, indexed journals; books). The data collection techniques for this research are: statistical technique (to quantify and verify the results of the study variables), documentary research technique (to use information for the development of the theoretical part) and field technique (application of surveys in the places where agricultural organizations are developed). The instruments to be used are: direct observation, questionnaire and survey. The following instruments are used to process the information:

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1. below presents the general results of the study for subsequent discussion:

Table 1: Research results

Independent Variable	Dimension	Questions	5	4	3	2	1	Weighting
Information technology	Management systems	Does the organization's budgets include items for technological innovation?			x	x		Medium
		Do you agree that technological innovation improves the organizations productivity and competitiveness?	x	x				High
		Do you consider Workflow to be important for the development of the organizations' management?	x					High
	Interaction	Do you consider that technological applications generate better communication in the functional areas of the organization?	x	x				High
	Utility	Is the information provided by the workflow easy to interpret for the people in the organization?	x	x				High
Processes	Operational process control	Do you consider that the control of operational processes improves the productivity of the organization?	x	x				High
	Availability of support processes	Do you believe that the support processes are carried out correctly and in a timely manner?		x	x			Medium
	Efficiency of strategic processes	Do you believe that the efficiency of the strategic processes improves the quality of the organization's associative management?	x	x				High
	Organizational structure	Do you consider that the hierarchical structure correctly assigns tasks, resources and people?	x	x				High
	PBM Methodology	Do you consider the use of strategic tools for the associative management of agricultural organizations to be important?	x	x				High
	Metrics for information analysis	Is the human talent involved in the organizational culture (mission, vision, principles and values) to achieve the strategic objectives of the organization?				x	x	Under
		Does the organization apply indicators and metrics for information analysis to support decision making?		x	x			Medium

Source: Own elaboration

SPSS version 24 (Statistical Package for the Social Sciences), will be used to process the information collected, organize it, analyze it and represent it graphically and carry out the correlational analysis.

Microsoft Excel for the entry and organized registration of the information collected from the surveys carried out.

Likert scale, with the purpose of weighting the variables with a score from 5 (strongly agree) to 1 (strongly disagree) for the questions.

In Table 1 of the research results, first of all, it can be seen that points were weighted by Likert scales from 5 to 1 (totally agree to totally disagree) for each of the questions of the dimensions and independent variables, which in turn verify the impact of the Workflow model from a high, medium and/or low level.

Regarding the current situation of agricultural organizations, 53.3% use customer relationship systems; 46.7% have enterprise resource planning systems; and 83% state that the control of operational processes contributes to increased productivity. Seventy percent of those interviewed about support processes indicate that if they are executed correctly, they contribute to decision making. 53.3% agree that strategic processes develop associative management. In these organizations, 16.7% of the finance and accounting activities are systematized and efficient; while 83.3% in the production area, the technician processes are effective.

In the independent variable called information technology, a high score was found in its three dimensions (management, interaction, and usefulness), obtaining the maximum weighting between 5 and 4, respectively. Therefore, it is evident that this variable has a high impact on the model proposed. Meanwhile, in the process variable, the dimensions control of operational processes and efficiency of strategic processes obtained the highest score; however, the performance of support processes was lower, i.e., it obtained a medium weighting.

Finally, in the information management tools variable, it was found that: in the organizational structure and strategic tools dimensions, a maximum score was achieved, demonstrating its high impact on the model; on the other hand, the existence of a deficiency was demonstrated in the metrics dimension for information analysis, since the minimum score was obtained in the compliance of human talent on organizational culture. However, this indicator is not considered a high impact risk, since it would not significantly affect the associative management of agricultural organizations in Manabí.

CONCLUSIONS

The proposed Workflow model is made up of information technologies to improve the management of activities; organizational processes to define jobs and responsibilities using the correct hierarchy; and finally, information management tools to improve the information flow process for decision making by senior management in the associative management of agricultural organizations.

The Workflow model was evaluated through descriptive and correlational analysis, demonstrating an intense relationship between the workflow information that is the basis for the interpretation of the personnel and the use of strategic tools for the associative management of the agricultural organizations of Manabí, it was verified with the Pearson Chi-square statistic by obtaining a value of 30.000 with 1 degree of freedom; additionally, a probability of asymptotic significance of 0.000; with a V. Cramer's Coefficient of 1, and a probability of significance of 0.000,

demonstrating the high impact of association between the application of the parameters for the analysis of the information that helps in the decision making process, as long as the hierarchical level of the parameters for the analysis of the information that helps in the decision making process. Cramer's V. Coefficient of 1, and a significance probability of 0.000, demonstrating the high impact of association between the application of the parameters for the analysis of information that assists in decision making, as long as the hierarchical level optimally designates responsibilities, activities, resources and people. Therefore, it is concluded that this model has a high impact on the associative management of agricultural organizations in Manabí.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Albán Taípe, P. S. (2017). Study of the Productive Management of the Quinticusig Wine Producers and Marketers Association of 2016. Propuesta de un Manual de Procesos. Latacunga: Technical University of Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6360>
- Altamirano Analuisa, D., Narváez Guevara, L., & Tisalema Borja, J. (2019). Associative management from a social innovation approach: analysis in the Rural Decentralized Autonomous Governments of the Province of Tungurahua, Ecuador. *Revista Inclusiones*, 6, 310-330. <http://revistainclusiones.org/index.php/inclu/article/view/2167>
- Alvarado, R., Acosta, K., & Mata, Y. (2018). Necessity of management information systems for decision making in organizations. *Inter Sedes Journal*, 19(39), 17-31. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34067>
- Bueno Blanco, R., Ramos Sámano, M., & Berrelleza Gaxiola, C. (2018). Elementos Básicos de Administración. Mexico.
- Castelán Maldonado, E. (2016). Model for the design of Workflows Management Systems with Collaborative, Cloud and Mobile functionalities. Barcelona, Spain.
- Chan-Canche, A., & Díaz-Rodríguez, M. (2017). Distributed system for human- machine interaction in virtual environments. *RA XIMHAI Journal*, 13(3), 107-122. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070007.pdf>
- Cortés Moreno, D. A. (2016). Business process management in oil palm growing companies in the eastern plains. A case study. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57759>

- Estrada, I., Andrade, A., & Espín, M. (2018). Operational risk: control and mitigation in financial losses of Cooperatives Segment 4. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/cooperativas-segmento4.html>
- Fonseca-Carreño, N., González Moreno, M., & Narváez Benavides, C. (2020). Associativity for the administration of peasant production systems. *Estrategia Organizacional Journal*, 9(1), 1-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7830616>
- García Merino, E. (2021). Impact of the Workflow model in the associative management of agricultural organizations in the province of Manabí. Guayaquil, Ecuador: Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil. <http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/handle/123456789/1513>
- Gutiérrez Rojas, J. (2019). Clinical process improvement and its effect on workflow at Clínica Monte Sinaí, Lince 2019. Lima, Peru: Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20500.12692/41903>
- Maldovan Bonelli, J. (2019). Associative management and organizational sustainability: the case of cartoneros cooperatives in the City of Buenos Aires. *Revista Sociología, Problemas e Prácticas*, 88, 97-115. <https://journals.openedition.org/spp/5196>
- Marrero Ruiz, M. (2016). Workflow and BPM (Business Process Management) systems as a tool for automation and productivity improvement in organizations: methodology for implementation and case studies. University of Las Palmas de la Gran Canaria. <http://hdl.handle.net/10553/17254>
- Medina León, A., Nogueira Rivera, D., Hernández-Narino, A., & Comas Rodríguez, R. (2019). Procedure for process management: methods and support tools. *Revista chilena de ingeniería*, 27(2), 328-342. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000200328>
- Menéndez Domínguez, V., & Castellanos Bolaños, M. (2016). Workflow Management Systems in Software Process Management. *Electronic Journal of Computing, Informatics, Biomedical and Electronics*, 5(3). <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5122/512253114009/html/index.html>
- Moreira-Pico, J., López-Zambrano, J., & Cevallos Molina, K. (n.d.). Developing a workflow system. *Desarrollando un sistema para flujos de trabajo (Workflow)* (p. 13). Manabí: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. <http://190.15.136.169/Ponencias/VI/ponencias/70.pdf>
- Ortiz Arenas, C. C. (2020). Development of a Guide to Implement BPM (Business Process Management) using a MOOC. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36234>
- Polo Lopez, G. D. (2019). Application of GMP in the improvement of the agricultural production process of the company Choco Real SAC, Lima 2019. Lima: Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20500.12692/38918>
- Rodríguez, H., & Ramírez, C. (2016). Analysis of the sustainability of the processes of strengthening rural associativity: The case of Asomora. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(1), 9-21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5619938>
- Valero-Pastor, J., Carvajal-Prieto, M., & García-Avilés, J. (2019). Workflows for post-industrial journalism: methods and programs for a more agile and transversal organizational communication. *Journal El profesional de la información*, 28(5). doi:<https://doi.org/10.3145/epi.2019.sep.14>
- Vélez Bernal, O., Beltrán Ríos, J., López Giraldo, J., & Arias Vargas, F. (2019). Entrepreneurial associativity and ambidextrous leadership as generators of innovation. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(2), 51-72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7025992>
- Vite Cevallos, Harry, Townsend Valencia, José, & Carvajal Romero, Héctor (2020). Big Data and internet of things in organic banana production. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 192-200. Epub August 02, 2020. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000400192&lng=es&tlng=es.

03

RENDIMIENTO DE ACELGA (*Beta Vulgaris* L.) BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA

YIELDS OF CHARD (*Beta Vulgaris* L.) UNDER DIFFERENT DOSES OF NITROGEN FERTILIZATION

Dixon Fernando Gonzaga-Apolo¹

E-mail: dgonzaga1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2493-9956>

Davis Marcelo Hidalgo-Novillo¹

E-mail: dhidalgo2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3541-7637>

Hipólito Israel Pérez-Iglesias¹

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

¹ Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Gonzaga-Apolo, D., Hidalgo-Novillo, D. M., Pérez Iglesias, H. (2023). Rendimiento de acelga (*Beta Vulgaris* L.) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 21-28. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La acelga es una hortaliza de hoja muy consumida en muchas partes del mundo. En las hortalizas de hoja como la acelga, el nitrógeno desempeña un papel importante en el crecimiento de las plantas, afectando así al rendimiento y a la calidad del producto. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de nitrógeno en diferentes dosis sobre el rendimiento de la acelga; para ello se ejecutó un diseño cuadrado latino con cinco tratamientos: T1 (testigo) 0 kg N ha⁻¹, T2 100 kg N ha⁻¹, T3 150 kg N ha⁻¹, T4 200 kg N ha⁻¹ y T5 250 kg N ha⁻¹, se usó la prueba estadística Tukey con nivel de significancia ($p < 0,05$). Las variables evaluadas fueron: Ancho de hoja central, altura de limbo, ancho del peciolo superior, ancho de penca y peso de hoja. A pesar de que estadísticamente no existieron diferencias significativas entre el peso de hoja final evaluado, la dosis de 150 kg N ha⁻¹ obtuvo la mejor producción del estudio, considerándose de esta manera la mejor dosis. En general, Los resultados tienen implicaciones prácticas importantes para los productores de acelga, estos indican que no es necesario utilizar dosis excesivas de nitrógeno para lograr un buen rendimiento de la acelga. Esto puede ayudar a reducir los costos de fertilización y minimizar el impacto ambiental asociado con el exceso de nitrógeno. Sin embargo, se necesita una investigación adicional para validar estos resultados y considerar las influencias de las condiciones ambientales específicas del sitio.

Palabras clave:

Acelga, fertilización nitrogenada, rendimiento agrícola.

ABSTRACT

Chard is a leafy vegetable widely consumed in many parts of the world. In leafy vegetables such as chard, nitrogen plays an important role in plant growth, thus affecting yield and product quality. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen application at different nitrogen doses on chard yield; for this purpose, a Latin square design with five treatments was executed: T1 (control) 0 kg N ha⁻¹, T2 100 kg N ha⁻¹, T3 150 kg N ha⁻¹, T4 200 kg N ha⁻¹ and T5 250 kg N ha⁻¹, the Tukey statistical test was used with significance level ($p < 0.05$). The variables evaluated were: Central leaf width, leaf blade height, upper petiole width, stalk width and leaf weight. Although there were no statistically significant differences between the final leaf weight evaluated, the dose of 150 kg N ha⁻¹ obtained the best production of the study, thus being considered the best dose. Overall, the results have important practical implications for chard growers and producers, as they indicate that it is not necessary to use excessive doses of nitrogen to achieve significant differences in chard yield. This can help reduce fertilizer costs and minimize the environmental impact associated with excess nitrogen. However, further research is needed to validate these results and consider the influences of site-specific environmental conditions.

Key words:

Chard, nitrogen fertilization, agricultural yield.

INTRODUCCIÓN

La acelga (*Beta vulgaris L.*) es una planta, bienal, de la familia (*Chenopodium*). Es una especie hortícola caracterizada por hojas grandes, ovaladas, con margen acorazonado, de color que varía de verde oscuro a verde claro con pecíolos de color crema o blanco (Filgueira, 2008). Es una planta de clima templado, entre 18-25 °C (Echer et al., 2012). Sin embargo, hay poca información técnica disponible sobre su cultivo, especialmente en relación con los nutrientes minerales.

Es una hortaliza de hoja muy consumida en muchas partes del mundo. Los horticultores prefieren la acelga a las espinacas y el apio porque es más resistente y fácil de cultivar (Echer et al., 2012). Las hojas y los tallos de la acelga son nutritivos y ricos en vitaminas (A, K y C), minerales (potasio, calcio, magnesio, hierro y fósforo), fibra dietética y proteínas, la acelga es significativamente superior a la espinaca en la mayoría de los minerales (excepto Ca, K, Fe, Mn, Zn y proteínas) en comparación con la lechuga verde (Rivelli & Libutti, 2022a).

Los principales metabolitos secundarios identificados fueron flavonoides, glucósidos flavonoides y saponinas (Rivelli & Libutti, 2022a). Los farmacólogos modernos han destacado la importancia de las moléculas bioactivas presentes en los extractos de acelga, que han demostrado tener efectos antidiabéticos, antiinflamatorios, antioxidantes y anticancerígenos (Topalović et al., 2018). La densidad de plantación es uno de los factores más importantes que influyen en el rendimiento (Echer et al., 2012).

El aumento del número de plantas por unidad de superficie reduce el rendimiento por planta. La acelga suele cultivarse en campo con una distancia entre hileras de 0,45-0,6 m y una distancia entre plantas de 0,25-0,30 m. Para cada variedad, la distancia debe ajustarse de forma que la productividad no se vea comprometida por una reducción de la superficie foliar, importante para la fotosíntesis (Rivelli & Libutti, 2022b).

Además de la densidad de plantación, la fertilización es una de las prácticas de gestión más caras y rentables que pueden alterar el rendimiento, lo que se traduce en mayores cosechas, cultivos más uniformes y un mayor valor de mercado (B. Singh et al., 2002). En las hortalizas de hoja como la acelga, el nitrógeno desempeña un papel importante en el crecimiento de las plantas, afectando así al rendimiento y a la calidad del producto. La fertilización es una de las prácticas agrícolas más eficaces para aumentar el rendimiento y la calidad nutricional de muchos cultivos hortícolas destinados al consumo humano (Ivanović et al., 2019). El contenido de elementos minerales, la calidad general y el rendimiento dependen de la cantidad, la frecuencia y el método de aplicación de los fertilizantes (Maltas et al., 2018).

Por ejemplo, el contenido de vitamina C y azúcar de las espinacas y la acelga aumenta con altos niveles de N (H. Singh et al., 2019). Del mismo modo, el Nitrogeno(N) elevado suele provocar cambios en la composición (reducción del ácido ascórbico, los azúcares y la acidez) y

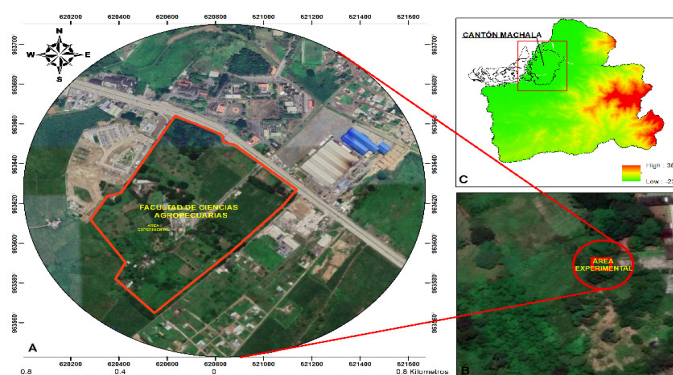
las proporciones de aminoácidos esenciales, lo que se traduce en una reducción del rendimiento, así como del contenido de proteínas en las hortalizas cosechadas con N bajo y otros deterioros de la calidad nutricional y visual (Chirere et al., 2021). Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes con N puede tener un impacto negativo sobre los usuarios, el medio ambiente y el propio cultivo. Según (Azile et al., 2021), aproximadamente el 80% del nitrato de la dieta se absorbe a través del consumo de verduras. El nitrato dietético se absorbe a través del consumo de verduras y, si se ingiere, puede causar una serie de enfermedades crónicas. En particular, la acelga tiene una fuerte tendencia a acumular nitrato, con más del 60% del nitrato acumulándose en el peciolo (Ivanović et al., 2019). Por lo tanto, la aplicación adecuada de fertilizantes nitrogenados en las explotaciones es importante para reducir los riesgos para la salud humana y la contaminación ambiental y para mantener la calidad del producto.

Este cultivo se caracteriza por una alta eficiencia de extracción de nutrientes y un alto rendimiento a corto plazo. Sin embargo, el exceso de nitrógeno puede acumularse en la planta en forma de nitrato (NO_3), que puede ser perjudicial para la salud (Azile et al., 2021). En Ecuador, se han realizado pocos estudios para evaluar la distribución del nitrógeno en las plantas y la fertilización de la acelga. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de nitrógeno en diferentes dosis nitrogenadas sobre el rendimiento de la acelga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Granja Experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala. La zona de estudio se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas 3°15'52.29 S, 79°57'4.3 W en el cantón Machala, dentro de la provincia de El Oro, Ecuador (Figura 1). En cuanto al régimen de precipitación o de lluvias esta se divide dentro de dos periodos; con un periodo lluvioso de diciembre a mayo, una precipitación media anual de 1250 mm y una temperatura media anual que oscila entre 24 y 26°C (Luna-Romero et al., 2018).

Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación, **A)** vista satelital de la Facultad de ciencias Agropecuarias, **B)** Vista satelital del área experimental, **C)** Cantón Machala



VARIABLES Y MOMENTO DE EVALUACIÓN

Los datos se recolectaron de acuerdo a la metodología descrita por Hoyos (2005) el cual evaluó la evolución de parámetros morfológicos de la acelga con similares características para la investigación, donde se modificó el tiempo de evaluación por cada 15 días respectivamente.

Ancho de hoja central (Ahc), se midió cada 15 días después de la emergencia de la primera hoja. Se eligieron al azar 15 plantas en cada unidad experimental y se midieron desde el extremo del pecíolo hasta el extremo del limbo utilizando una cinta métrica. Los datos fueron expresados en cm.

Altura de limbo (Al), se midió a partir de los 15 días de emergencia, y así hasta completar los 120 días de evaluación final medida desde donde los lados del limbo se extendían 1 cm a cada lado de la penca hasta llegar al extremo superior del limbo. Los datos fueron expresados en (cm);

Ancho del pecíolo superior (Aps), la medición empezó a partir de los 15 días después emergencia y continuado hasta 120 días, medida en la zona más ancha con la ayuda de una cinta métrica. Los datos fueron expresados en cm.

Ancho de penca (Ape), se midió a partir de los 15 días después de la emergencia y cada 15 días, medida a una distancia de dos centímetros desde el extremo del pecíolo donde la hoja se desprendió de la planta, se expresó en cm.

Peso de hoja (Ph), se recolectó la información cada 15 días hasta completar los 120 días de evaluación con la ayuda de una balanza el valor fue expresado en gramos (Figura 2).

Figura 2. Proceso de evaluación de variables. A) ancho de hoja, B) altura de limbo, C) ancho de pecíolo, D) ancho de penca, E) peso de hoja



MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

Preparación del terreno

Primeramente, se procedió a retirar la maleza, restos de cultivos anteriores y escombros que puedan interferir con el crecimiento del cultivo, en segunda instancia se realizó una labranza del suelo haciendo uso de un motocultor para aflojarlo y permitir que las raíces puedan penetrar fácilmente. Esto también ayuda a mezclar materia orgánica y nutrientes en el suelo, luego se realizaron surcos para proceder con la siembra; esto facilita el drenaje del agua y mejora el crecimiento de las plantas. La distancia entre los surcos depende del tipo de tratamiento ubicado en cada unidad experimental.

Material vegetal

El material vegetal utilizado en este estudio consistió en semillas de acelga. Estas semillas fueron seleccionadas por su calidad y uniformidad, asegurando así que los resultados del estudio reflejaran de manera precisa el efecto de las diferentes dosis de fertilización nitrogenada en la acelga. Las semillas de acelga utilizadas pertenecen a la variedad amarilla de Lyon, que se considera representativa de la especie y es ampliamente reconocida en la investigación agrícola.

Control de arvenses

El control de arvenses durante las primeras fases de desarrollo del cultivo se realizó de manera manual, esto debido a la fragilidad del cultivo, seguidamente en etapa adulta el control se realizó de manera mecánica haciendo uso de bomba de mochila y herbicidas de origen orgánico para mantener el control de éstas (Figura 3).

Figura 3. Manejo del experimento, **A)** preparación del terreno, **B)** control mecánico de arvenses



Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico utilizando el software IBM SPSS 25, a un nivel significativo del

5% ($p < 0,05$) para evaluar el impacto de las diferentes dosis de fertilización nitrogenada en el rendimiento de la acelga. El análisis incluyó los siguientes pasos.

Se llevó a cabo una prueba de ANOVA de una vía para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización nitrogenada. La hipótesis nula (H_0) postulaba que no había diferencias significativas entre los grupos de tratamiento, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) sugería que al menos un grupo era significativamente diferente de los demás en cuanto a las variables medidas. Luego de realizar la prueba ANOVA y obtener resultados significativos, se procedió a realizar pruebas post hoc utilizando el método de Tukey. Esta prueba permitió identificar qué grupos específicos eran diferentes entre sí en términos de las variables de ancho de la hoja central, altura de limbo, ancho del peciolo superior, ancho de penca, peso de hoja.

Además, se realizó un análisis de estadística descriptiva para proporcionar una visión general de la distribución de datos y los valores promedio de cada variable en los diferentes tratamientos. Para garantizar que se cumplía el supuesto de homogeneidad de varianza, se llevaron a cabo

pruebas de homogeneidad y varianza, como el test de Levene. Esto aseguró que las varianzas entre los grupos fueran aproximadamente iguales, lo que es fundamental para la validez de los resultados del ANOVA.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El objetivo del estudio se ha definido de manera más clara, para evaluar el impacto de diferentes dosis de nitrógeno en el rendimiento de la acelga.

Se han seleccionado cinco tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) que representan diferentes dosis de nitrógeno: 0 kg N ha⁻¹, 100 kg N ha⁻¹, 150 kg N ha⁻¹, 200 kg N ha⁻¹ y 250 kg N ha⁻¹. Este rango de dosis se eligió para abarcar un espectro significativo de fertilización nitrogenada.

El diseño experimental se basa en un cuadrado latino, con 25 unidades experimentales de 1 metro cuadrado cada una. Cada unidad experimental contiene tres surcos de 1 metro de longitud y una distancia de siembra de 30 cm, lo que resulta en tres plantas por surco. Este diseño permite una distribución uniforme de los tratamientos y reduce el sesgo experimental. En la Tabla 1 se detallan los tratamientos.

Tabla 1. Tratamientos empleados para las diferentes dosis en el cultivo de Acelga

Tratamientos		Dosis utilizadas kg N ha ⁻¹	
N.º	Símbolo		
1	T1(testigo)		0
2	T2		100
3	T3		150
4	T4		200
5	T5		250

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron pruebas post hoc con un intervalo de confianza del 95% mediante el método de Tukey para evaluar si existían diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Los resultados revelan que en ninguna de las variables analizadas se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de fertilización nitrogenada. Esto indica que, a un nivel de confianza del 95%, no se encontraron diferencias significativas en el ancho de la hoja central, la altura de limbo, el ancho del peciolo superior y el ancho de penca entre los distintos niveles de dosis de nitrógeno aplicadas.

Estos hallazgos sugieren que, en el contexto de este estudio, las diferentes dosis de nitrógeno no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en las variables medidas. Esto puede ser importante para la toma de decisiones en la fertilización de la acelga, ya que indica que no es necesario utilizar dosis excesivas de nitrógeno para lograr diferencias significativas en las características de

la planta estudiadas (Peralta et al., 2015; Sauer et al., 2008). La gestión adecuada de la fertilización puede ayudar a optimizar el rendimiento y la calidad del cultivo sin incurrir en costos innecesarios. En el estudio, se llevaron a cabo mediciones de cinco variables clave en el cultivo de acelga en respuesta a diferentes dosis de fertilización nitrogenada. A continuación, se presentan los datos descriptivos para cada variable:

Ancho de Hoja central (Ahc)

Los valores promedio fueron los siguientes: en el grupo de control, la media fue de aproximadamente 39,8 cm, con un valor mínimo de 20,8 cm y un valor máximo de 50 cm. En los grupos que recibieron 100 kg N ha⁻¹, 150 kg N ha⁻¹, 200 kg N ha⁻¹ y 250 kg N ha⁻¹, las medias fueron similares, oscilando alrededor de 39,7 cm, y los valores mínimos y máximos variaron en un rango estrecho en cada caso (Tabla 2).

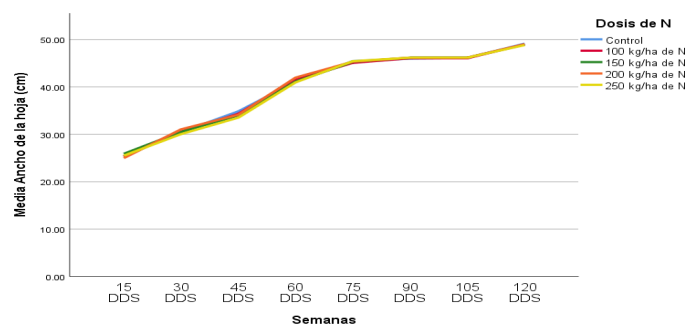
Tabla 2. Resultados de ANOVA y Tukey para la variable ancho de hoja

Dosis kg N ha ⁻¹	Centímetros
0	39,7963 a
100	39,7327 a
150	39,7642 a
200	39,8518 a
250	39,578 a
F	0,19
Sig.	,999

Fuente: Elaboración propia

En general, como se observa en la Figura 4, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el ancho de la hoja entre los diferentes tratamientos de fertilización de (N).

Figura 4. Gráfico de líneas múltiples para la variable ancho de hoja



Los datos de ancho de la hoja (cm) en el cultivo de acelga revelaron que las diferentes dosis de fertilización nitrogenada no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en esta variable, con valores promedio relativamente similares en todos los grupos de tratamiento y diferencias moderadas entre los valores mínimos y máximos en cada grupo.

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas, que también encontraron que la fertilización nitrogenada en la acelga no afectó significativamente el ancho de la hoja (Sauer et al., 2008). Estos hallazgos sugieren que la acelga podría mostrar cierta tolerancia a las variaciones en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, al menos dentro del rango de dosis estudiado, lo que podría tener implicaciones económicas al reducir los costos de fertilización sin comprometer la calidad del cultivo (Li et al., 2022). Sin embargo, se recomienda realizar investigaciones adicionales para validar estos resultados y considerar las influencias de las condiciones ambientales y otros factores específicos del sitio.

Altura de Limbo (Al)

Los resultados mostraron que, en el grupo de control, la altura promedio fue de aproximadamente 21,6 cm, con un mínimo de 10,62 cm y un máximo de 25,7 cm. Para los grupos que recibieron diferentes dosis de nitrógeno, las alturas medias se mantuvieron en un rango cercano a 21,5-21,7 cm, con valores mínimos y máximos que variaron en cada caso. Al igual que en el ancho de la hoja, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la altura de limbo entre los tratamientos (Tabla 3).

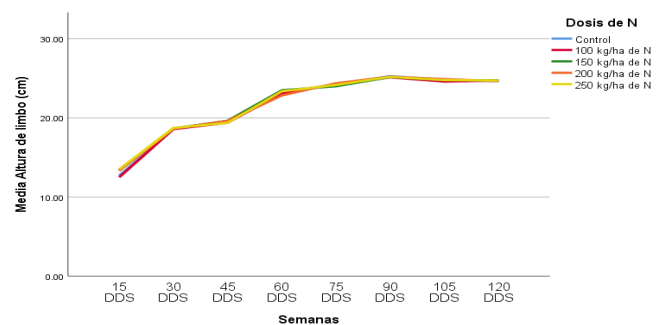
Tabla 3. Resultados de ANOVA y Tukey para la variable altura de limbo

Dosis kg N ha ⁻¹	Centímetros
0	21,5342 a
100	21,5342 a
150	21,7328 a
200	21,6922 a
250	21,7263 a
F	0,54
Sig.	,995

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5, se aprecia que no hubo variación significativa al final del cultivo en la altura del limbo en los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada; pero hubo una variación a los 45DDS (Figura 5).

Figura 5. Gráfico de líneas múltiples para la variable altura de limbo



En cuanto a la Altura de Limbo (cm), los datos obtenidos sugieren que las diferentes dosis de fertilización nitrogenada no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en esta variable, ya que las medias se mantuvieron en un rango cercano entre los grupos de tratamiento, con diferencias moderadas entre los valores mínimos y máximos. Estos resultados son coherentes con la investigación que también encontró una falta de efecto significativo de la fertilización nitrogenada en la altura de limbo en la acelga (Almeida et al., 2006; Rodríguez et al., 2020). Esto podría indicar una estabilidad en la expansión vertical de las hojas de la acelga ante las variaciones en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Ancho de peciolo superior (Aps)

la media en el grupo de control fue de aproximadamente 27,4 cm, con un mínimo de 18 cm y un máximo de 33,9 cm. Para los grupos con diferentes dosis de nitrógeno, las medias se mantuvieron cercanas a 27,3-27,5 cm, y los valores mínimos y máximos variaron en cada caso. Nuevamente, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el ancho del peciolo entre los tratamientos de fertilización (Tabla 4).

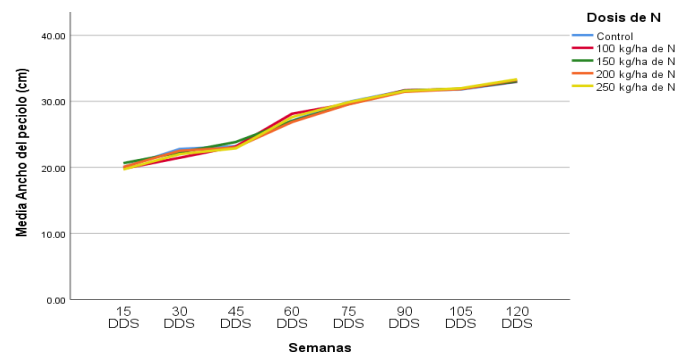
Tabla 4. Resultado de ANOVA y Tukey para la variable ancho de peciolo

Dosis kg N ha ⁻¹	Centímetros
0	27,3213 a
100	27,3478 a
150	27,4967 a
200	27,3213 a
250	27,3674 a
F	0,25
Sig.	,999

Fuente: Elaboración propia

Con relación al ancho del peciolo, se aprecia una caída de la curva a los 45DDS se aplicó (N), mejoró a los 60DDS, no se observa diferencia significativa hasta los 120DDS en el ancho del peciolo superior entre los diferentes tratamientos, con medias cercanas entre las dosis de fertilización nitrogenada y diferencias moderadas entre los valores mínimos y máximos (Figura 6).

Figura 6. Gráfico de líneas múltiples para la variable ancho de peciolo superior



Estos resultados son consistentes con la investigación realizada donde se encontró una falta de efecto significativo de la fertilización nitrogenada en el ancho del peciolo en la acelga (Aguirre Forero et al., 2022; Santana-Aragone et al., 2017). Esto sugiere una cierta resistencia del peciolo de la acelga a las variaciones en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Ancho de Penca (APe)

En el grupo de control, la media fue de aproximadamente 21,8 cm, con un mínimo de 9,08 cm y un máximo de 31,4 cm. Los grupos con diferentes dosis de nitrógeno mostraron medias cercanas a 21,6-21,8 cm, y los valores mínimos y máximos variaron. Como en las otras variables, no se detectaron diferencias estadísticas significativas en el ancho de penca entre los tratamientos.

(Tabla 5)

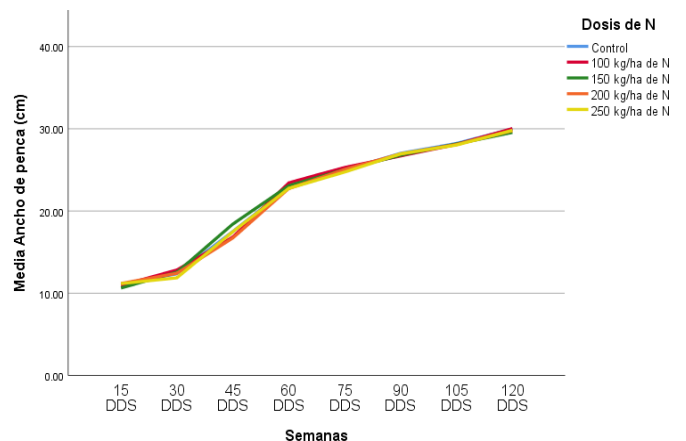
Tabla 5. Resultados de ANOVA y Tukey para la variable ancho de penca

Dosis kg N ha ⁻¹	Centímetros
0	21,7501 a
100	21,7668 a
150	21,7763 a
200	21,6143 a
250	21,5991 a
F	0,19
Sig.	,999

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta en el ancho de penca, como se observa en la figura 7, en los 30DDS hay una caída de la curva, pero como se fertilizo en los 45DDS se obtuvo una mejoría y lo mismo se hizo a las 75DDS y no hubo variaciones (Figura 7).

Figura 7. Gráfico de líneas múltiples para la variable ancho de penca



Tiene medias similares entre los grupos de tratamiento y diferencias moderadas entre los valores mínimos y máximos. Estos resultados coinciden con la investigación

previa que indican falta de efecto significativo de la fertilización nitrogenada en el ancho de penca del cultivo de acelga (Echer et al., 2012). Esto sugiere que el ancho de la penca puede mantenerse relativamente constante a pesar de las variaciones en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Peso de Hoja (Ph)

El peso de hoja en el cultivo de acelga es una variable importante que mide la masa promedio de las hojas de acelga cosechadas por unidad de área, expresada en gramos (g) por hectárea (kg de nitrógeno/ha). Esta variable es esencial para evaluar la calidad de las hojas de acelga y su capacidad de producción en función de la cantidad de nitrógeno aplicado al cultivo.

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se puede observar cómo el peso de hoja en el cultivo de acelga varía en función de la cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea en los diferentes tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de ANOVA y Tukey para la variable peso de hoja (t/ha-1)

Dosis kg N ha ⁻¹	Rendimiento agrícola t ha ⁻¹
0	23,33 a
100	23,67 a
150	23,90 a
200	23,69 a
250	23,13 a
F	0,32
Sig.	,998

Fuente: Elaboración propia

En el tratamiento de control, donde no se aplicó nitrógeno adicional, se obtuvo un peso promedio de hoja de 23,33 t ha⁻¹. Este valor sirve como referencia para comparar el peso de hoja en los demás tratamientos. Al aplicar 100 kg N ha⁻¹, se observó un ligero aumento en el peso promedio de hoja, llegando a 23,67 t/ha⁻¹. En el tratamiento con 150 kg N ha⁻¹, se registró un aumento adicional en el peso de hoja, alcanzando los 23,90 t ha⁻¹. Con 200 kg N ha⁻¹, el peso promedio de hoja se mantuvo en un nivel competitivo, registrando 23,69 t/ha⁻¹. Sin embargo, el tratamiento con 250 kg N ha⁻¹ mostró una ligera disminución en el peso de hoja, descendiendo a 23,13 t ha⁻¹.

El tratamiento de 150 kg N ha⁻¹ mostró un peso de hoja ligeramente mayor en comparación con el testigo y con 250 kg N ha⁻¹.

CONCLUSIONES

El cultivo de acelga demostró tener gran tolerancia a las variaciones respecto a la fertilización nitrogenada. Los resultados indican que puede ser relativamente resistente a las fluctuaciones en la disponibilidad de nitrógeno en

el suelo. La estabilidad en las características evaluadas, como el ancho de la hoja, la altura de limbo, el ancho del peciolo y el ancho de penca, a pesar de las diferentes dosis de nitrógeno, sugiere que la planta puede adaptarse eficazmente a las condiciones de fertilización en el rango estudiado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Forero, S. E., Piraneque Gambasica, N. V., & Cruz O'Byrne, R. K. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93–112. <https://doi.org/10.22490/21456453.5186>
- 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>
- Azile, D., Tembakazi, T. S., Babalwa, M., Retief, P. C., & Mongezi, M. M. (2021). Effect of bioslurry effluent on growth, biological yield and nutritional content of Swiss chard (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 13(3), 173–181. <https://doi.org/10.5897/JAERD2021.1221>
- Chirere, T. E. S., Khalil, S., & Lalander, C. (2021). Fertiliser effect on Swiss chard of black soldier fly larvae-frass compost made from food waste and faeces. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(4), 457–469. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0120>
- Echer, M. D. M., Zoz, T., Rossol, C. D., Steiner, F., Castagnara, D. D., & Lana, M. D. C. (2012). Plant density and nitrogen fertilization in Swiss chard. *Horticultura Brasileira*, 30, 703–707. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400023>
- Filgueira, Far. (2008). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. UFV.
- Ivanović, L., Milašević, I., Topalović, A., Đurović, D., Muškoša, B., Knežević, M., & Vrvic, M. (2019). Nutritional and phytochemical content of Swiss chard from Montenegro, under different fertilization and irrigation treatments. *British Food Journal*, 121(2), 411–425. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2018-0142>
- Li, H., Yang, X., Kang, Y., Li, W., Li, H., & Qin, S. (2022). Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Combined Fertilisation on the Dry Matter Accumulation, Distribution and Yield of Potato Under Ridge and Furrow Film Mulch Cropping. *Potato Research*. <https://doi.org/10.1007/s11540-022-09596-3>

- 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>
- Maltas, A., Kebli, H., Oberholzer, H. R., Weisskopf, P., & Sinaj, S. (2018). The effects of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long-term field experiment under a Swiss conventional farming system. *Land Degradation & Development*, 29(4), 926–938. <https://doi.org/10.1002/ldr.2913>
- Peralta, N. R., Costa, J. L., Balzarini, M., Franco, M. C., Córdoba, M., & Bullock, D. (2015). Delineation of management zones to improve nitrogen management of wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 103–113.
- Rivelli, A. R., & Libutti, A. (2022). Effect of Biochar and Inorganic or Organic Fertilizer Co-Application on Soil Properties, Plant Growth and Nutrient Content in Swiss Chard. *Agronomy*, 12(9), 2089. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092089>
- Rodríguez, A., Peña-Fleitas, M. T., Gallardo, M., de Souza, R., Padilla, F. M., & Thompson, R. B. (2020). Sweet pepper and nitrogen supply in greenhouse production: Critical nitrogen curve, agronomic responses and risk of nitrogen loss. *European Journal of Agronomy*, 117, 126046. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126046>
- Santana-Aragone, D., Colina-Navarrete, E., Castro-Arteaga, C., Cadena-Piedrahita, D., Sotomayor-Morán, A., Galarza-Centeno, E., & López-Villacrú, M. (2017). Microorganismos Fijadores De Nitrógeno Y Su Acción Complementaria A La Fertilización Química En El Cultivos De Coffea arabica L. *European Scientific Journal*, 13(3). <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v13n3p211>
- Sauer, T. J., Alexander, R. B., Brahana, J. V., & Smith, R. A. (2008). The Importance and Role of Watersheds in the Transport of Nitrogen. In *Nitrogen in the Environment* (pp. 203–240). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374347-3.00008-1>
- Singh, B., Singh, Y., Ladha, J. K., Bronson, K. F., Balasubramanian, V., Singh, J., & Khind, C. S. (2002). Chlorophyll Meter– and Leaf Color Chart–Based Nitrogen Management for Rice and Wheat in Northwestern India. *Agronomy Journal*, 94(4), 821–829. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.8210>
- Singh, H., Dunn, B., Payton, M., & Brandenberger, L. (2019). Fertilizer and Cultivar Selection of Lettuce, Basil, and Swiss Chard for Hydroponic Production. *HortTechnology*, 29(1), 50–56. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04178-18>
- Topalović, A., Knežević, M., Trifunović, S., Novaković, M., Pešić, M., & Đurović, D. (2018). Effects of soil properties and fertilization on quality and biological activity of Swiss chard. 83(6), . *European Journal of Horticultural Science*, 83(6), 374–381.

04

EFFECTO COMBINADO DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOCHAR EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

COMBINED EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZATION AND BIOCHAR ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF CORN (*Zea mays* L.)

William Eduardo Viñamahua García¹

E-mail: wvinamahu1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2064-339X>

José Gabriel Aguilar Feijoo¹

E-mail: jaguilar11@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7111-2535>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Viñamahua García, W. E., Aguilar Feijoo, J. G., Rodríguez Delgado, I. (2023). Efecto combinado de fertilización química y Biochar en crecimiento y desarrollo del cultivo de Maíz (*Zea Mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 29-35. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La combinación de fertilización química y biocarbón en la agricultura es esencial, la fertilización química aporta nutrientes inmediatos, mientras que el biocarbón, como enmienda al suelo, mejora la retención de nutrientes y la salud de las plantas. Los resultados pueden impulsar la eficiencia agrícola y la sostenibilidad, beneficiando a los agricultores como a la producción de maíz a nivel mundial. La investigación se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto combinado de fertilización química y biocarbón en crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, para lo cual se utilizó un diseño cuadrado latino simple. Los tratamientos fueron: testigo absoluto, 10 t/ha biocarbón, 20 t/ha biocarbón, 10 t/ha biocarbón + 4,375 t/ha urea, 20 t/ha biocarbón + 4,375 urea donde se manipularon los fertilizantes, se utilizó la prueba estadística Duncan con nivel de significancia ($p < 0,05$). Las variables evaluadas fueron: Diámetro del tallo, altura de la planta, número de hojas. El mejor tratamiento fue el de 20 t/ha biocarbón donde estadísticamente se observaron los mejores resultados en cuanto a las variables diámetro del tallo y altura de la planta a excepción de la variable número de hojas donde se presentó el mejor tratamiento 10 t/ha biocarbón.

Palabras clave:

Biocarbón, urea, fertilización.

ABSTRACT

The combination of chemical fertilization and biochar in agriculture is essential; chemical fertilization provides immediate nutrients, while biochar, as a soil amendment, improves nutrient retention and plant health. The results have the potential to enhance agricultural efficiency and sustainability, benefiting both farmers and global maize production. The research was conducted to assess the combined effect of chemical fertilization and biochar on the growth and development of maize crops, using a simple Latin square design. The treatments included an absolute control, 10 t/ha of biochar, 20 t/ha of biochar, 10 t/ha of biochar + 4,375 t/ha of urea, and 20 t/ha of biochar+4,375 t/ha of urea, with manipulation of fertilizers. The Duncan statistical test was employed with a significance level of ($p < 0,05$). The evaluated variables included stem diameter, plant height, and the number of leaves. The best treatment was the one with 20 t/ha of biochar, where statistically significant improvements were observed in stem diameter and plant height, except for the number of leaves, which showed the best results with the 10 t/ha biochar treatment.

Keywords:

Biochar, urea, fertilization.

INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel primordial en la producción de alimentos, siendo una actividad esencial para abastecer las necesidades alimentarias de la población global. Su contribución resulta vital para asegurar que las personas alrededor del mundo dispongan de los recursos necesarios para su subsistencia (Muñoz y Gonzalez, 2019).

La población mundial supera los siete mil millones de seres humanos, generando una creciente demanda de recursos alimentarios y la opción más viable son los vegetales, cuya producción debe incrementarse, particularmente en lo que se refiere a los cereales. Entre estos, los que más se producen y que más contribuyen a la alimentación de la humanidad es el maíz. Por esta razón, se puede aseverar que el maíz es uno de los cereales que más alimentan al mundo (Ramos, 2013).

El cultivo del maíz ostenta una trascendencia de alcance global, tanto en la alimentación humana como en la nutrición animal, además de servir como materia prima fundamental para la creación de diversos productos industrializados derivados de este grano (Gomez, 2021).

El maíz es uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana y animal. De acuerdo con las estadísticas de la FAO en el año 2021 la superficie sembrada fue de 366,138 ha con una producción de 1 699,369 t y un rendimiento de 4,64 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021). En la actualidad se cultivan aproximadamente 365,334 ha de maíz, con un rendimiento promedio de 4,58 t ha⁻¹, lo que resulta en una producción total de 1 479,700 toneladas. La producción nacional se enfoca principalmente en las variedades de maíz suave y duro de color amarillo (Tayyib, 2021).

El uso de biofertilizantes en cultivos básicos ha demostrado ser efectivo al aplicarlos directamente en la siembra, promueven una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas, acelerando su crecimiento y mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes (Martinez et al., 2018).

La aplicación de fertilizante químico después de sesenta días de la siembra, se observó que las plantas tratadas presento una mayor altura y un mayor diámetro de tallo en el cultivo de maíz (Montejo et al., 2017). A diferencia del biochar al incorporarlo como un fertilizante edáfico evidencia aumento en variables morfológicas y se reflejan efectos favorables en el rendimiento de diferentes cultivos (Pérez et al., 2021).

En lo que respecta al biocarbón, su integración en el suelo conlleva múltiples beneficios, entre ellos la mejora de la retención de humedad, la influencia en la densidad aparente, el aumento de los niveles de materia orgánica

y la regulación del pH del suelo. Además, contribuye a facilitar las labores agrícolas al tiempo que mejora la estructura del suelo. Cabe mencionar que el biocarbón también actúa como portador de microorganismos, cuya incorporación como enmienda favorece el crecimiento de hongos beneficiosos como *Trichoderma* spp., tal como se señala en la investigación realizada por (Sánchez et al., 2020).

Una alternativa para sustituir el uso excesivo de fertilizantes químicos es el empleo de biocarbón o biochar por la capacidad para favorecer la calidad de los suelos tanto en las propiedades químicas y físicas y mejora su clase textural (Montejo et al., 2017). La utilización de fertilización química en cultivos hortícolas genera resultados notables durante la primera cosecha, ya que se observaron mejoras significativas en términos de altura, cantidad de hojas, flores, frutos por planta y peso de los frutos (Abreu et al., 2017).

El rendimiento del maíz mejora con el uso del biochar, a diferencia de los efectos que tiene junto a los fertilizantes químicos, es por esta razón que es importante experimentar y analizar los efectos que pueden ofrecer estos productos para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo (Iglesias et al., 2018).

La aplicación de biochar podría mejorar la rentabilidad de la agricultura al mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos al tiempo que se reducen los costos de cultivo y fertilizantes, pero no intentan estimar los costos de adquisición y aplicación de biocarbón (Pérez et al., 2021).

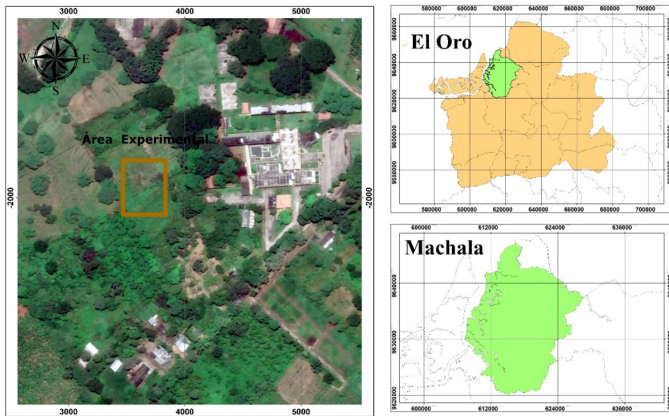
El objetivo de la investigación fue determinar los efectos de la combinación de un fertilizante químico y biocarbón en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Además, se busca identificar las dosis adecuadas de biocarbón para potenciar su desarrollo, así mismo, se pretende evaluar y comparar los distintos efectos que producen la fertilización química y el biocarbón en el cultivo del maíz, con el fin de obtener resultados concluyentes y relevantes para una agricultura sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se realizó en la Granja Experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Machala. Ubicada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador (latitud 3° 17' 18.79" S, longitud 79° 54' 43.81" O). La investigación se desarrolló en el periodo que abarca desde abril hasta julio del año 2023. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador (INAMHI, 2013), la temperatura promedio anual en esta región es de 25.2 °C, el promedio de precipitación oscila los 489 mm.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño Cuadrado Latino Simple (DCLS), el cual se representa a través del modelo matemático. Se aplicaron cinco tratamientos y cinco repeticiones los cuales se establecieron en diferentes dosis de fertilización química y biocarbón (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos empleados para fertilización química y biocarbón

Tratamientos Símbolo	Fertilizantes químicos y biocarbón	Dosis de biochar (t/ha)	Dosis de urea (t/ha)
T0	Testigo absoluto	0	0,000
T1	Biocarbón	10	0,000
T2	Biocarbón	20	0,000
T3	Biocarbón + Urea	10	4,375
T4	Biocarbón + Urea	20	4,375

Fuente: Elaboración propia

En el estudio, se seleccionó como material vegetativo el cultivar trueno: maíz amarillo híbrido. El área total del experimento fue de 228 m², cada unidad experimental (UE) consta con camas de 6,4 m² y está conformada por 16 unidades muestrales (UM) con una distancia de 0,5 m entre planta y 0,8 m entre hileras, por cada UE se seleccionaron diez plantas homogéneas al azar para la toma de datos, evitando las plantas del borde.

Biocarbon

El biocarbón es un producto de descomposición, materia orgánica (biomasa) y suministro de oxígeno insuficiente o limitado llamado pirólisis, a temperaturas relativamente bajas (por debajo de los 700 °C) y se lo puede utilizar con una variedad de fines, incluso como una enmienda del suelo para la agricultura, como material de filtración para el tratamiento del agua y además como una herramienta de secuestro de carbono para mitigar el cambio climático. Cuando se adiciona al suelo, el biocarbón mejora la fertilidad de este, aumenta la capacidad de retención

del agua, reduce la lixiviación de nutrientes y mejora su estructura (Escalante et al., 2016).

Urea

La urea es el principal fertilizante nitrogenado utilizado en todo el mundo, especialmente en países en desarrollo. Comparado con otros fertilizantes, la urea tiene varias ventajas, como su alto contenido de nitrógeno que puede ser incorporado al suelo antes de la siembra, su capacidad de ser utilizada en suelos neutros o ligeramente alcalinos debido a su reacción ácida (Bernardi et al., 2016).

Para producir urea, se hace reaccionar amoníaco y dióxido de carbono en presencia de un catalizador en un recipiente especial a temperaturas entre 170 y 210 °C y presiones entre 170 y 400 atmósferas (Morales et al., 2021).

Manejo del experimento

Preparación del terreno

Se utilizó un flexómetro para delimitar toda el área de investigación (228 m²). Posteriormente, se procedió al control de arvenses con la ayuda de herramientas agrícolas. La preparación del terreno se realizó utilizando el azadón, pico y pala, removiendo el suelo hasta una profundidad de 15 a 20 cm para asegurar una estructura granular y una base adecuada para la germinación de la semilla, el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas.

Siembra

Se llevó a cabo un proceso manual respetando las distancias previamente mencionadas en cada UE, asegurando que la siembra no excediera los 5 cm de profundidad, con el propósito de fomentar una germinación uniforme y consistente.

Control de plagas

Se aplicó un control preventivo utilizando un insecticida orgánico elaborado a partir de una mezcla de ají, clavo de olor, cebolla y ajo, previamente diluidos en 1 L de agua. Esta solución fue aplicada con una frecuencia trisemanal, garantizando una protección efectiva y sostenible contra plagas.

Riego

Se implementó un programa de riego trisemanal con el propósito de mantener niveles adecuados de humedad y retención de agua, haciendo hincapié en la importancia de los días soleados.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación del fertilizante químico y el biocarbón se llevó a cabo de diversas maneras. En el caso del biocarbón, se aplicó un mes antes de la siembra para permitir que se distribuya adecuadamente en el suelo, mientras que la urea se la fraccionó en tres aplicaciones: al momento de la siembra, a los 40 días y en la fase de floración.

Variables evaluadas

Para medir el diámetro del tallo, se empleó un pie de rey, colocándolo en el centro de la planta para así determinar su amplitud.

La altura de la planta, conforme a la metodología propuesta por (Cruz, 2014) en su estudio sobre nuevas variedades de maíz, se recolecto datos en las plantas que fueron seleccionadas aleatoriamente en cada UE y el dato se registró en centímetros, la distancia desde la base del suelo hasta la inserción de la espiga.

La cantidad de hojas fue evaluada visualmente, el cual se contabilizó el total de hojas emitidas desde el inicio de su desarrollo.

Momento de evaluación

Los datos de altura de la planta, número de hojas y diámetro del tallo se recopilaron a partir del día 40 después de la siembra, momento en el cual se considera que las plantas han establecido un crecimiento lo suficientemente representativo como para realizar mediciones confiables.

Procedimiento estadístico

Se realizó un estudio para investigar posibles diferencias estadísticamente significativas en el cultivo de maíz en relación con las variables recolectadas cada 15 días. Para realizar este análisis, se empleó un enfoque de análisis de varianza (ANOVA) con un diseño factorial intergrupos. Se verificaron los supuestos del modelo lineal aditivo utilizado, como la normalidad de los datos, la homogeneidad de varianzas y la aditiva tratamientos-bloques, antes de llevar a cabo el ANOVA.

Posteriormente, se realizaron pruebas de rangos y comparaciones múltiples de Duncan (prueba Post hoc) para identificar similitudes o diferencias entre los cultivares de maíz en cada una de las variables evaluadas.

Los resultados se presentan mediante gráficos de barras simples, en los que se asignan letras para representar las similitudes o diferencias entre los cultivares de estudio.

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS versión 25 para Windows, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS

Diámetro del tallo

Tabla 2. Análisis de ANOVA para diámetro de tallo

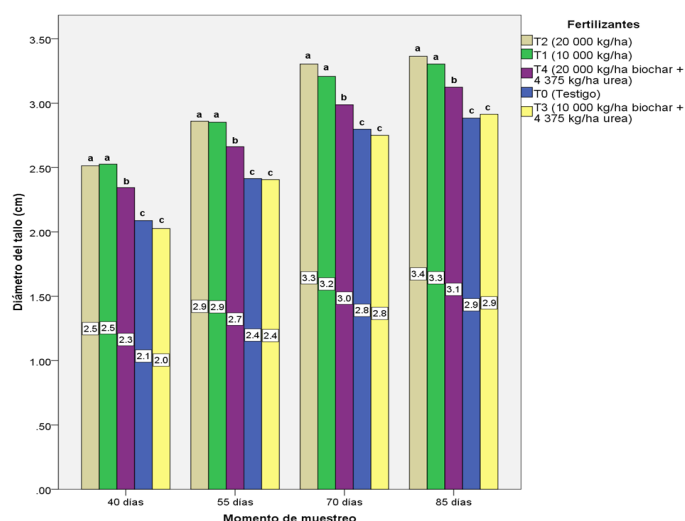
ANOVA					
Diámetro del tallo (cm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	41.914	4	10.478	45.355	0.000

Dentro de grupos	229.874	995	0.231
Total	271.788	999	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la presente investigación han demostrado que la aplicación del T2 (20 t/ha) ejerció una influencia de mayor relevancia en el cultivo del maíz. Sin embargo, es importante destacar que los análisis de p-valor ($p>0,05$) revelaron que esta diferencia no alcanzó significación estadística en comparación con otras condiciones evaluadas. La media obtenida fue de 6,74 cm para esta dosis en particular. Por otro lado, tanto la aplicación del T2 como la del T3, junto con el T0, no presentaron diferencias estadísticamente significativas en términos de las variables.

Figura 2. Diámetro de tallo en efecto combinado de biochar y fertilizante químico en crecimiento y desarrollo



*Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las dosis de biochar y fertilizante químico (prueba de Duncan).

Estos resultados concuerdan con las investigaciones de (Martinez et al., 2018), quienes demostraron la efectividad de los biofertilizantes en cultivos fundamentales, especialmente cuando son aplicados directamente durante la siembra. Este enfoque fomenta una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas, agiliza su crecimiento y optimiza la eficiencia en la captación de nutrientes. La correspondencia entre estos hallazgos subraya la pertinencia de la utilización de biochar como un factor potencialmente beneficioso para el cultivo del maíz.

Altura de la planta

Tabla 3. Análisis de ANOVA para altura de planta

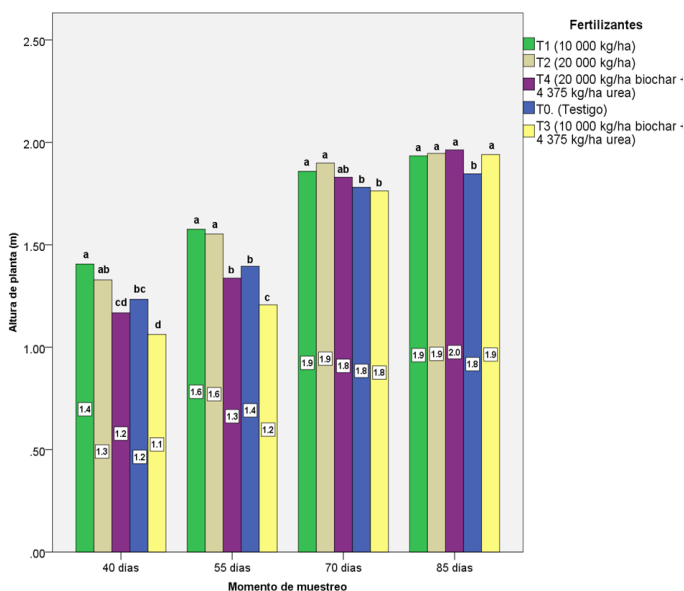
ANOVA					
Altura de planta (m)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos					

Entre grupos	5,759	4	1,440	10,124	0,000
Dentro de grupos	141,500	995	0,142		
Total	147,259	999			

Fuente: Elaboración propia

Se ha observado que la altura de las plantas en las distintas aplicaciones de biochar y fertilizante químico arrojó un resultado más destacado en el T2, donde se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas (p -valor $<0,05$) en comparación con los otros tratamientos y el grupo de control. Esto se manifestó en un promedio de 1,94 m, que es ligeramente superior a los valores registrados en las otras condiciones. Este hallazgo sugiere que, sin importar la variante cultivada, existe una influencia significativa en la variable analizada.

Figura 3. Altura de planta en efecto combinado de biochar y fertilizante químico en crecimiento y desarrollo



*Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las dosis de biochar y fertilizante químico (prueba de Duncan).

Los resultados corroboran las observaciones realizadas por (Morales et al., 2021), quienes exploraron los posibles beneficios del biocarbón en la esfera agrícola y concluyeron que sus efectos son positivos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, lo cual se evidencia en el presente estudio. Estos hallazgos podrían ser atribuidos a las afirmaciones de (Escalante et al., 2016), quien sostiene que la incorporación de biocarbón al suelo conlleva una serie de beneficios, entre los que se incluyen la mejora en la retención de humedad, la influencia en la densidad aparente, el aumento en los niveles de materia orgánica y la regulación del pH del suelo. Además, se destaca su contribución en la facilitación de las labores agrícolas mientras que al mismo tiempo mejora la estructura del suelo.

Número de hojas

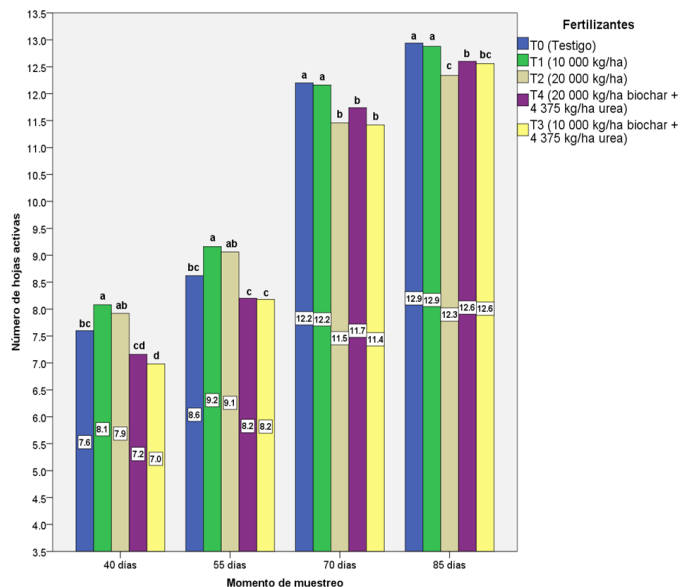
Tabla 3. Análisis de ANOVA para altura de planta

ANOVA					
Numero de hojas activas					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	79.506	4	19.876	3.604	.006
Dentro de grupos	5486.925	995	5.514		
Total	5566.431	999			

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en el recuento de hojas a los 40 días, se manifestó una notoria diferencia significativa entre los tratamientos y el grupo de control al llegar a los 85 días. No obstante, es importante destacar que el T2 mostró una leve discrepancia, la cual revistió una significación considerable. Esta observación respalda la noción de que estos resultados ejercen una influencia directa en la cantidad de hojas, como resultado de la aplicación de los fertilizantes a base de biochar.

Figura 4. Número de hojas en efecto combinado de biochar y fertilizante químico en crecimiento y desarrollo



*Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las dosis de biochar y fertilizante químico (Prueba de Duncan).

Basándonos en las investigaciones realizadas por (Morales y Martínez et al., 2018), se enfatiza la importancia fundamental de la aplicación de biochar, como lo demuestran de manera concluyente en sus estudios respectivos. Estos hallazgos respaldan la deducción de que los efectos resultantes son claramente beneficiosos para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

CONCLUSIONES

Se determinaron los efectos de la combinación de un fertilizante químico y biocarbón en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, mediante un experimento de campo. Además, se pudo identificar los beneficios específicos de la fertilización química en el cultivo de maíz y se desarrollaron las dosis adecuadas de biocarbón para potenciar su desarrollo. Así mismo, se evaluó y comparó los distintos efectos que producen la fertilización química y el biocarbón en el cultivo del maíz. Los resultados coinciden con las conclusiones de (Martínez Reyes et al., 2018) sobre la eficacia de los biofertilizantes para mejorar el crecimiento de cultivos, especialmente cuando se aplican en la siembra. Esto también respalda el potencial beneficioso del biocarbón en el cultivo de maíz. Las observaciones de (Morales et al., 2021) sobre los efectos positivos del biocarbón en el crecimiento y rendimiento de cultivos se confirman en este estudio. La capacidad del biocarbón para mejorar la retención de humedad, influye en la densidad del suelo y aumenta la materia orgánica, como señalado por (Escalante et al., 2016), también se confirma aquí, respaldando aún más su utilidad en agricultura. Basado en estos resultados y en la evidencia de Morales, Martínez y Escalante, se destaca la importancia de promover la aplicación de biocarbón en la agricultura. Los hallazgos consistentemente positivos indican que sus efectos son beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de cultivos. En última instancia, estas investigaciones apuntan hacia prácticas agrícolas más sostenibles y efectivas, con el potencial de abordar desafíos de seguridad alimentaria y producción agrícola en la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, E., Araujo, E., Rodríguez, S., Valdivia, A., Fuentes, L., & Pérez, Y. (2017). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*. *Centro Agrícola*, 45(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100007
- Bernardi, A., Polidoro, J. C., Monte, M., Pereira, E., Oliveira, C., & Ramesh, K. (2016). Enhancing Nutrient Use Efficiency Using Zeolites Minerals—. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 6, 295-304. https://www.scirp.org/pdf/ACES_2016081514514184.pdf
- Cruz, O. (2014). *Evaluación de nueva Generación de Variedades de Maíz, Tolerante a la Sequía, 2015.*, from Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria: <https://dicta.gob.hn/files/Maiz-2015-021.pdf>
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (06 de 2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *TERRA LATINOAMERICANA*, 34(3), 367-382. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>

- FAO. (2021). FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Gomez, E. (2021). *Efecto de la fertilización orgánica en dos híbridos de maíz (zea mays l.) con doble propósito, Parroquia el Morro - Guayas.*, from CIA - Centro de Información Agraria: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20QUIMI%20EVELYN%20NOHELIA\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20QUIMI%20EVELYN%20NOHELIA(1).pdf)
- Iglesias, S., Orihuela, J., Salas, C., & Egüez, J. (28 de 03 de 2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1). R http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000100003
- INAMHI. (2013). *INAMHI*. <https://drive.google.com/file/d/1mroZYqKlyNjouAj0nlGD75AO9vDkhNYS/view>
- Martínez, L., Aguilar, C., Carcaño, M., Galdámez, J., Gutiérrez, A., Morales, J., . . . Gómez, E. (2018, 02 14). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México Martínez Reyes, Luc. *Biofertilización y fertilización química en maíz (Zea mays l.) en Villaflores, Chiapas, México*, 5(1). <https://www.re-dalyc.org/journal/6538/653868369003/653868369003.pdf>
- Montejo, D., Casanova, F., García, M., Oros, I., Díaz, V., y Díaz, E. (16 de 11 de 2017). Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 325-341. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29511>
- Morales, E., Arriaga, M., López, J., & Martínez, A. (05 de 02 de 2021). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000801875
- Muñoz, J., & Gonzalez, N. (07 de 11 de 2019). *RENDIMIENTO DE MAÍZ Y CANAVALIA EN MONOCULTIVO Y ASOCIACIÓN EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO*. Repositorio Institucional UJAT: <https://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3512>
- Pérez, C., Juárez, P., Anzaldo, J., Alia, I., Salcedo, E., y Balois, R. (29 de 06 de 2021). Beneficios potenciales del biocarbón en la productividad de cultivos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4). <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n4/2007-0934-re-mexca-12-04-713.pdf>
- Ramos, F. (2013). *Maíz, trigo y arroz: los cereales que alimentan al mundo* (1 ed.). Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>

Sánchez, S., Condoy, A., Sisalima, P., Barrezueta, S., & Jaramillo, E. (2020, 05 08). Uso de Biocarbones en medios de cultivo para el crecimiento de *Trichoderma* spp. in Vitro. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 66-72. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REM-CA/article/view/267/300>

Tayyib, S. (21 de 01 de 2021). Índices de producción., from Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <https://www.fao.org/statistics/data-collection/en/>

05

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE GALLINAZA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE ZANAHORIA

EFFECT OF POULTRY MANURE APPLICATION ON CARROT CROP GROWTH AND DEVELOPMENT

Edgar Rafael Ochoa Vásquez¹

E-mail: eochoa5@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5630-698X>

Alberto Alejandro Black Navarro¹

E-mail: ablack2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2670-5011>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala. El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ochoa Vásquez, E. R., Black Navarro, A. A., Rodríguez Delgado, I. (2023). Efecto de la aplicación de gallinaza en crecimiento y desarrollo del cultivo de zanahoria. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 36-42. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

RESUMEN

Los fertilizantes orgánicos son productos derivados de materiales naturales como estiércol, compost, abono verde y residuos de cultivos. Demostrando su uso como una alternativa sostenible al aumentar su producción. El objetivo de este ensayo fue determinar el efecto en diferentes dosis de gallinaza en parámetros morfológicos y agronómicos del cultivo de zanahoria, por lo tanto, se aplicó un diseño cuadrado latino simple, se utilizó cinco tratamientos, gallinaza a 15 t/ha, 20 t/ha, 25 t/ha, 30 t/ha y testigo absoluto, con cinco réplicas distribuidas de manera completamente aleatoria, se configuró 25 unidades experimentales en una disposición en columnas e hileras, en un área total de 16 m². La toma de datos se efectuó en diez plantas por cada unidad experimental, las medidas fueron a los 30, 60 y 90 días. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos para conocer si se presentan o no diferencias significativas estadísticas entre los tratamientos. Las plantas a las que se aplicó gallinaza a 30 t/ha mostraron los mejores resultados. Este tratamiento presentó un desempeño notablemente superior, en términos estadísticamente significativos, en comparación con los otros tratamientos en lo que respecta a las características morfológicas, agronómicas y el rendimiento agrícola del cultivo de zanahoria.

Palabras clave:

Compuestos orgánicos, producción agrícola, hortalizas, sostenibilidad.

ABSTRAC

Organic fertilizers are products derived from natural materials such as manure, compost, green manure, and crop residues, demonstrating their use as a sustainable alternative to increase production. The aim of this study was to determine the effect of different doses of chicken manure on morphological and agronomic parameters of carrot cultivation. Therefore, a simple Latin square design was applied, with five treatments: chicken manure at 15 t/ha, 20 t/ha, 25 t/ha, 30 t/ha, and an absolute control, each with five replicates distributed completely randomly, resulting in a total of 25 experimental units arranged in rows and columns covering an area of 16 m². Data collection was conducted on ten plants per experimental unit at 30, 60, and 90 days. A factorial intergroup analysis of variance (ANOVA) was applied to determine whether there were statistically significant differences among the treatments. The plants treated with 30 t/ha of chicken manure exhibited the best results. This treatment showed significantly superior performance, statistically speaking, compared to the other treatments in terms of morphological characteristics, agronomic factors, and carrot crop yield.

Keywords:

Organic compounds, agricultural production, vegetables, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es el sustento diario de muchos productores en todo el mundo, adaptando sistemas agrícolas en zonas locales que permiten una producción continua a pesar de sus factores agroclimáticos (Altieri y Nicholls, 2009).

Es reconocida a la agricultura como el centro de la actividad comercial, basada en el intercambio de cultivos y la introducción de métodos de manejo agronómico, uso de abonos y estudios científicos, el cual hoy en día de la mano con tecnología aplicada a la agricultura, disminución de agroquímicos y la genética son utilizadas para mejorar la calidad en diferentes tipos de cultivos (Leiva, 2014).

La producción de hortalizas en la agricultura mundial constituye una alternativa económica viable para el consumo humano que se basa en frutas y verduras (Moreno-Miranda et al., 2019). Las especies hortícolas abarcan más territorio por su adaptabilidad con condiciones agroecológicas en diferentes climas y su ventaja comercial en el mercado, estas serán distribuidas en las zonas urbanas de cada región para su consumo (Núñez-Ramírez et al., 2012).

Las hortalizas son de importancia para una buena alimentación, la mayor parte son ricas en vitaminas, proteínas y minerales esenciales. La zanahoria es considerada una hortaliza de raíz comestible al igual que el nabo, betarraga y rábano (FAO, 2011).

La zanahoria (*Daucus carota* L.) pertenece a la familia Umbelliferae, su origen proviene de Asia y es reconocida como la especie más difundida en las regiones templadas y cálidas. Es un vegetal versátil y nutritivo, utilizado en la gastronomía alimenticia (Rodríguez-Izquierdo et al., 2021).

En el mundo, Asia es la región líder en la producción de hortalizas con un 63,8% de participación, seguida de Europa con un 20,1%. América tiene un 9,4% de participación, África 5,9% y Oceanía 0,9%. China continental, Uzbekistán y Estados Unidos son los principales productores con un rendimiento agrícola de 45,4 t/ha, 77,8 t/ha y 56,09 t/ha respectivamente (FAOSTAT, 2022).

En Ecuador, la mayor producción en el cultivo de zanahoria fue de 41,975.14 t/ha. La siembra de zanahoria en el país se encuentra extendida en la Costa y Sierra. En la zona de la Sierra es producida en varias provincias como Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo, esta última produce al año 10.300 toneladas. La gran parte de la producción de zanahoria es para consumo interno (Santos y Saltos, 2020).

Las técnicas y la investigación por medio del manejo correcto en los cultivos y de la mano con fertilización orgánica han mejorado en la calidad y el rendimiento, convirtiendo a la zanahoria en un cultivo rentable para la agricultura. En este contexto, la demanda de verduras frescas y de alta calidad va en aumento con el fin de lograr productos inocuos para una alimentación saludable (Luz et al., 2009).

Los fertilizantes orgánicos son productos derivados de materiales naturales como estiércol, compost, abono verde y residuos de cultivos. Demostrando su uso como una alternativa sostenible al aumentar su producción. Proporciona a las plantas nutrientes esenciales, mejoran la calidad del suelo y promueven la vida microbiana de manera gradual y perdurable (Estrada et al., 2022).

La incorporación de gallinaza como fertilizante puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas, su producción y calidad en cultivos. Se debe tener en cuenta que pueden contener patógenos y ser una fuente de contaminación sin el control adecuado. La gallinaza se obtiene a partir de los excrementos de gallinas, contiene nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros nutrientes y microorganismos benéficos (Rodríguez et al., 2010).

El uso de la gallinaza como fertilizante orgánico resulta positivo en la producción de hortalizas. La gallinaza fresca resulta tóxica al aplicar directamente a las plantas, ya que puede liberar compuestos dañinos; como el amoníaco, además de otros gases tóxicos y descomponerse rápidamente. Es recomendable incorporar la gallinaza con otros materiales orgánicos antes de su aplicación (Casas y Guerra, 2020).

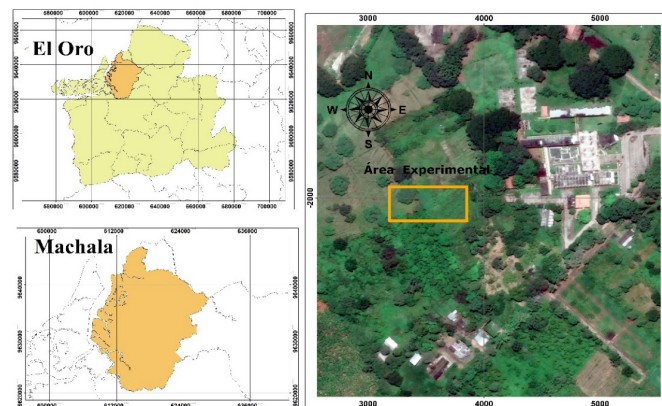
La evaluación posterior al aplicar la gallinaza como fertilizante orgánico puede presentar incremento en las variables morfológicas de la zanahoria, con una dosis correcta del abono orgánico se alcanza una mayor rentabilidad económica beneficiosa para el productor al cultivar este producto (Yanique, 2009).

El objetivo de este ensayo fue determinar el efecto en diferentes dosis de gallinaza en parámetros morfológicos y agronómicos del cultivo de zanahoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el periodo de junio – agosto del 2023, en la granja Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, en la parroquia El Cambio, Av. Panamericana km. 5 ^{1/2} vía a Pasaje, Machala-El Oro, Ecuador (Figura 1). La misma cuenta con una altitud de 5 msnm, las coordenadas geográficas del área de estudio son 3°17'18.79" S, 79°54'43.81" O.

Figura 1. Mapa de ubicación del experimento



La granja Santa Inés del cantón Machala posee una topografía plana a muy poco ondulada y con una geomorfológica recubierta por material aluvial y fluvial, permitiendo que se creen depósitos subterráneos dado por el río cercano al territorio (Jubones). Estos suelos cuya clase textural franca arenosa y franco arcillo arenoso, cuenta con un pH de 6.8, una conductividad eléctrica (CE) de 0.26 y un porcentaje de materia orgánica (MO) de 2.20% (Villaseñor et al., 2015).

Diseño Experimental

Por medio de un diseño cuadrado latino simple de 5x5 (modelo matemático), como factor de estudio en el experimento se estableció la fertilización orgánica, con cuatro diferentes dosis de gallinaza (Tabla 1). Los tratamientos efectuados se replicaron cinco veces, estableciendo 25 unidades experimentales 1m² (1 m de largo x 1 m de ancho), cabe resaltar que la aplicación del fertilizante orgánico fue 30 días antes de la siembra directa.

Tabla 1. Tratamientos y dosis aplicados en el cultivo de zanahoria

Tratamientos		Fertilizantes	Dosis (t/ha)
No	Símbolo		
1	T0	Gallinaza	15
2	T1	Gallinaza	20
3	T2	Gallinaza	25
4	T3	Gallinaza	30
5	T4	Testigo Absoluto	0

Fuente: Elaboración propia

La producción de gallinaza se realiza con aves de corral obteniendo los desechos y restos de la “cama” (lugar donde habita el ave en su vida productiva), al realizar la mezcla de la excreta, desperdicio de alimento y plumas se crea este abono orgánico con el fin de generar un valor agregado para una mejor productividad agrícola y brindar una seguridad alimenticia (Kantarli et al., 2016).

La gallinaza reconocida como abono orgánico, mayormente representa un porcentaje alto en principales nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Tabla 2), que aportan a las propiedades nutricionales de los cultivos, incremento de producción y con el manejo correcto aumenta la actividad en el microbiota del suelo; así mismo, disminuye la degradación de este (Casas y Guerra, 2020).

Tabla 2. Caracterización de macro y micronutrientes de la gallinaza

Fertilizante orgánico	pH	%								Relac.		ppm				
		MO	C	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	C/N	Zn	Cu	Fe	Mn	Na		
Gallinaza	8,5	33,14	19,200	1,69	0,92	5,36	3,29	0,41	11,36	24,7	52,6	104,5	46,0	301,00		

Fuente: Elaboración propia

Manejo del Experimento

La delimitación del área experimental se realizó con una cinta métrica (8 m x 8 m), con semanas de anterioridad se efectuaron trabajos preculturales, para limpieza y preparación del terreno se utilizaron herramientas como: machete, pala, rastrillo, pico, azadón y maquinaria semimecanizada (motocultor), siendo de utilidad para la labranza del terreno y garantizar una estructura del suelo apta para la germinación de la semilla y desarrollo del cultivo.

Las unidades experimentales se dividieron en tres hileras de siembra a 15 cm entre planta. El fertilizante orgánico fue pesado de manera uniforme para cada tratamiento y distribuido con las dosis indicadas en cada unidad experimental 30 días antes de realizar la siembra.

Se optó por una siembra directa, es decir en el lugar definitivo donde crecerán hasta el punto de la cosecha, se colocaron 3 semillas por orificio para garantizar la emergencia y así empezar con el cuidado y manejo óptimo del cultivo.

Por medio de un sistema de riego por gravedad con canales en todo el diseño del experimento se garantizó que el área húmeda sea uniforme, llevando a cabo el riego de tres a cuatro veces por semana, y así permanezca en

capacidad de campo el suelo, para que no sufra estrés hídrico el cultivo de zanahoria permitiendo su desarrollo de la mejor manera. El control de arvenses se realizó dos veces por semana con azadón y pala, para evitar la competencia por nutrientes entre las arvenses con las plantas del cultivo.

Parámetros de evaluación

En el estudio experimental hubo tres momentos para recolección de datos, a los 30 días, 60 días y el último que se realiza a los 90 días después de la siembra.

En los primeros 30 y 60 días después de la siembra se recolecto los datos de altura con la ayuda de una cinta métrica y hojas activas mediante la observación, contar las mismas, así como al momento de cosecha. De cada unidad experimental fueron seleccionadas diez plantas para la toma de datos.

Al momento de la cosecha se midió la longitud de raíz desde la base del falso tallo hasta la punta de la raíz. La toma del diámetro se realizó con un pie de rey el cual se colocó en la base del falso tallo la cual es la parte con mayor grosor de la raíz.

Para la obtención del rendimiento agrícola se obtuvo mediante el pesaje de toda la producción de zanahoria de cada unidad experimental (t/ha), y mediante el cálculo matemático se puede determinar la producción total del experimento.

Procedimiento estadístico

Para conocer si se presentan o no diferencias significativas estadísticas entre las distintas dosis del fertilizante orgánico utilizado (gallinaza), teniendo como variables altura de planta, número de hojas activas, longitud de raíz, diámetro de raíz, peso de raíz; así como, el rendimiento agrícola de cada unidad experimental se realizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos, cumpliendo con los supuestos de independencia de errores, homogeneidad de varianza, normalidad de datos y aditividad tratamiento hileras, tratamiento columnas. Cuando se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de estudio se aplicó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan (prueba post-hoc) para conocer si existe semejanza o diferencias entre los tratamientos. Los datos obtenidos de la investigación se procesaron utilizando el software IBM SPSS Statistics 22, con un 95% ($\alpha=0,05$) del nivel de confiabilidad estimada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta a los 30, 60 y 90 días

Los resultados obtenidos en el ANOVA en la altura de planta de los cuatro tratamientos de gallinaza, se evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto al testigo con un p-valor $<0,05$ (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba ANOVA de un factor intergrupos para altura de planta en los diferentes tratamientos

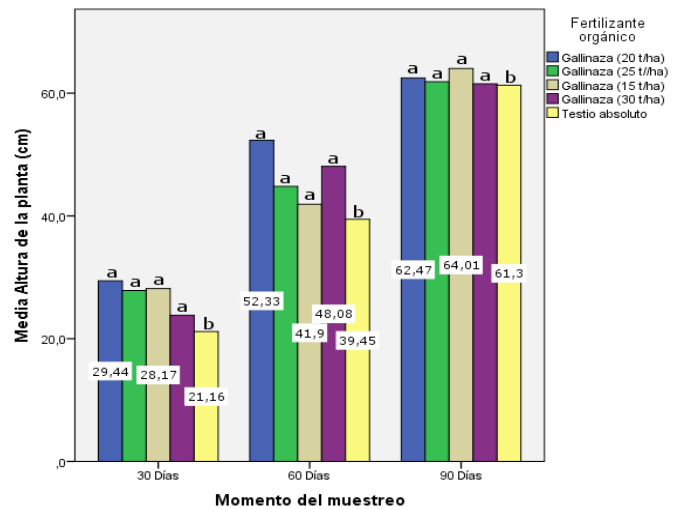
	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,184,355	1,046,089	3,814	0,004
Dentro de grupos	204,336,114	274,277		
Total	208,520,470			

Fuente: Elaboración propia

La recolección de datos para cada variable en el área experimental se distribuyó en tres momentos de muestreo y así evidenciar una diferencia entre las dosis que se aplicaron de forma homogénea en cada unidad experimental. En este contexto, los promedios generales de altura de la planta fueron de 29,44 cm, 52,33 cm y 64,01 cm a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. La altura de planta a los 30 días de siembra al aplicar la gallinaza a 20 t/ha (29,44 cm) presentó diferencia significativa con respecto al testigo absoluto (21,16 cm) (Figura 2). A los 60 días, se establecieron dos rangos de significación estadística en la variable altura de la planta, el tratamiento gallinaza a

20 t/ha tuvo el mejor promedio, el menor crecimiento en altura de planta fue en el testigo con (39,45 cm).

Figura 2. Datos de altura de planta (cm) tomados a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, letras distintas demuestran la diferencia estadística significativa por la prueba de Duncan ($p<0.05$)



Los valores obtenidos en altura de plantas de zanahoria a los 90 días de aplicada la gallinaza a 20 t/ha (62,47 cm) en la presente investigación, reflejan resultados superiores a lo evidenciado por Moreno y Córdova, (2022); los cuales en su investigación sobre influencia de fertilización orgánica obtuvieron 54,84 cm en altura de planta después de la siembra con la misma distancia de siembra (20 cm x 15 cm).

Número de hojas activas

Los resultados obtenidos en el ANOVA en la altura de planta de los cuatro tratamientos de gallinaza, se evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto al testigo con un p-valor $<0,05$ (Tabla 4).

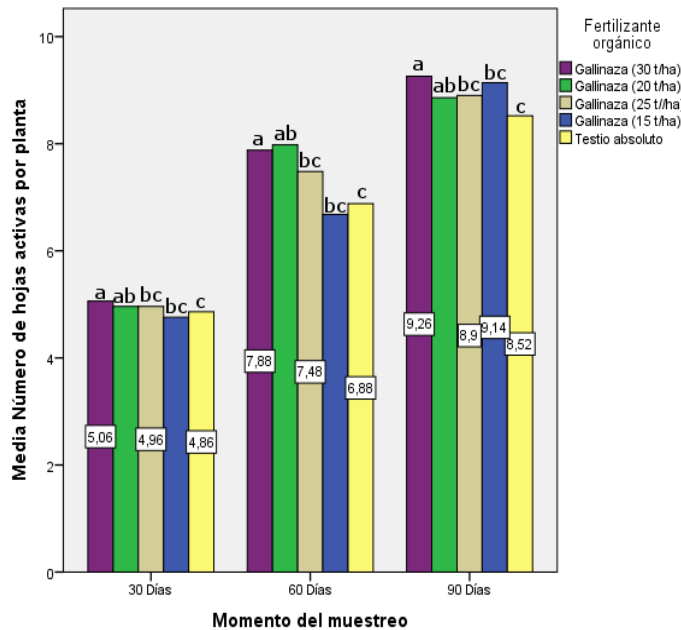
Tabla 4. Prueba ANOVA número de hojas activas de planta en los diferentes tratamientos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	44,019	4	11,005	2,850	,023
Dentro de grupos	2,876,340	745	3,861		
Total	2,920,359	749			

Fuente: Elaboración propia

En relación con número de hojas activas se manifestó una diferencia significativa a partir de la primera toma de datos a los 30 días con respecto a los 90 días.

Figura 3. Datos de número de hojas activas tomados a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, letras distintas demuestran la diferencia estadística significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)



Longitud de raíz

Los resultados obtenidos en el ANOVA en la altura de planta de los cuatro tratamientos de gallinaza, se evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto al testigo con un p-valor $< 0,05$ (Tabla 5).

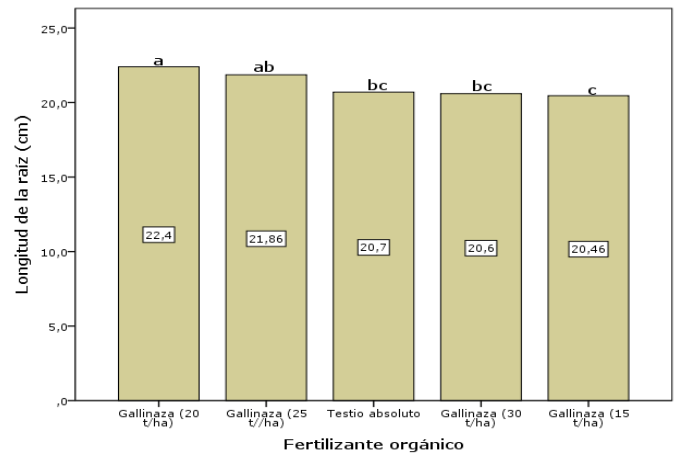
Tabla 5. Prueba ANOVA para longitud de raíz en los diferentes tratamientos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	152,131	4	38,033	3,561	,008
Dentro de grupos	2,616,927	245	10,681		
Total	2,769,057	249			

Fuente: Elaboración propia

A los 90 días, con la prueba de significancia de Duncan ($\alpha = 0,05$) se establecieron tres rangos de significancia estadística en la variable longitud de raíz (Figura 4). La mayor longitud de raíz se encontró en los tratamientos Gallinaza a (20 t/ha) y Gallinaza a (25 t/ha) con promedios de 22,4 cm y 21,86 cm respectivamente, la menor longitud de la raíz se observó en el testigo, con promedio de 20,46 cm.

Figura 4. Datos de longitud de raíz tomados a 90 días después de la siembra, letras distintas demuestran la diferencia estadística significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)



En relación con la longitud de la raíz al momento de la cosecha Yanique, (2009) y Moreno & Córdova, (2022) alcanzaron un resultado de 6,55 cm y 12,16 cm en el orden dado, valores inferiores al promedio que se obtuvo en esta investigación en el que se obtuvo un promedio de 22,4 cm.

Diámetro de la raíz

Los resultados obtenidos en el ANOVA en la altura de planta de los cuatro tratamientos de gallinaza, se evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto al testigo con un p-valor $< 0,05$ (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba ANOVA en el diámetro de la raíz en los diferentes tratamientos

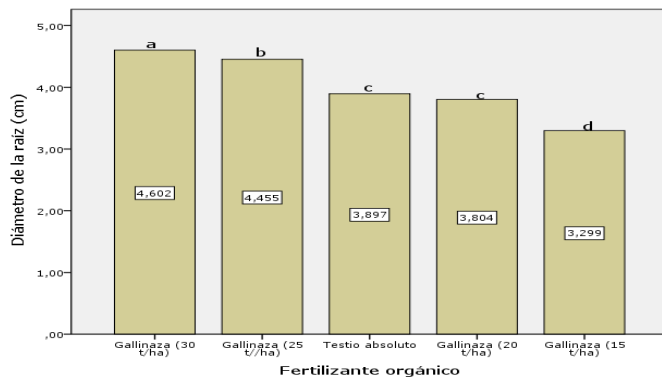
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	55,476	4	13,869	105,855	,000
Dentro de grupos	32,099	245	,131		
Total	87,575	249			

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al diámetro de raíz de la zanahoria se refleja un resultado igual estadísticamente cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha obteniendo un promedio de 3,80 cm, y el testigo absoluto con un promedio de 3,90 cm; sin embargo, presento diferencias altamente significativas al utilizar gallinaza a 30 t/ha (4,60 cm), gallinaza 25 t/ha (4,46 cm) y gallinaza 15 t/ha (3,30 cm) (Figura 5).

Moreno & Córdova (2022) obtuvieron un resultado de 3,51 cm en el diámetro de raíz en relación al testigo absoluto, a diferencia con el presente estudio donde el diámetro de raíz alcanza un promedio de 3,90 cm y gallinaza 20 t/ha un resultado inferior a 3,80 cm.

Figura 5. Datos de diámetro de raíz tomados a los 90 días después de la siembra, letras distintas demuestran la diferencia estadística significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)



Peso de raíz por planta

Los resultados obtenidos en el ANOVA en la altura de planta de los cuatro tratamientos de gallinaza, se evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto al testigo con un p-valor $< 0,05$ (Tabla 7).

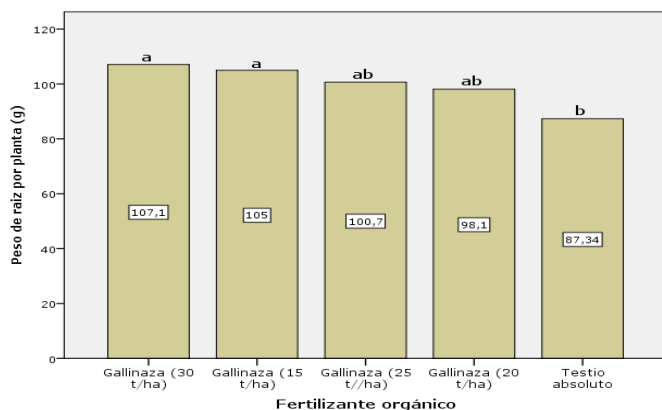
Tabla 7. Prueba ANOVA en peso de la raíz por planta en los diferentes tratamientos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11,958,400	4	2,989,600	2,208	,069
Dentro de grupos	331,747,200	245	1,354,070		
Total	343,705,600	249			

Fuente: Elaboración propia

En relación con el peso de raíz se evidencia que cuando se utilizó 30 t/ha se obtuvo un promedio de 107,1 g, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó gallinaza a 15 t/ha (105 g); sin embargo, presentó diferencias significativas cuando se efectuó la comparación con el tratamiento gallinaza 25 t/ha (100,7 g) y el testigo absoluto (87,34 g) (Figura).

Figura 6. Datos de peso de raíz tomados a los 90 días después de la siembra, letras distintas demuestran la diferencia estadística significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)



Rendimiento agrícola

Los resultados obtenidos en el ANOVA en la altura de planta de los cuatro tratamientos de gallinaza, se evidencia diferencias altamente significativas entre tratamientos con respecto al testigo con un p-valor $< 0,05$ (Tabla 8).

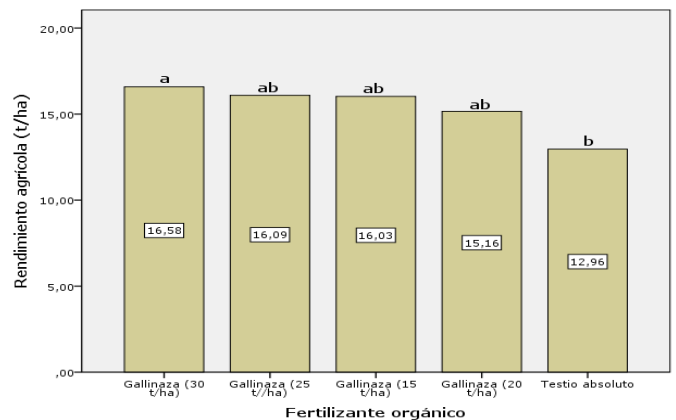
Tabla 8. Prueba ANOVA en rendimiento agrícola en los diferentes tratamientos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	41,282	4	10,320	1,713	0,187
Dentro de grupos	120,468	20	6,023		
Total	161,749	24			

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció con respecto al rendimiento agrícola de la zanahoria que al utilizar gallinaza a 25 t/ha se obtuvo un promedio de 16,09 t/ha, resultado igual estadísticamente a cuando se utilizó gallinaza a 20 t/ha (15,16 t/ha) y gallinaza a 15 t/ha (16,03 t/ha); sin embargo, se presentó diferencia significativa cuando se efectuó la comparación con el tratamiento gallinaza a 30 t/ha (16,58 t/ha) y el testigo absoluto (12,96 t/ha) (Figura 7).

Figura 7. Datos de número de hojas activas tomados a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, letras distintas demuestran la diferencia estadística significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)



Moreno & Córdova (2022), alcanzaron un promedio en rendimiento agrícola de 33,42 t/ha en 1,5 m² cuando se aplicó 20 t/ha de gallinaza, obteniéndose valores con significancia estadística al rendimiento que se obtuvo en la presente investigación (15,16 t/ha en 1 m²) cuando se aplicó 20 t/ha de gallinaza.

CONCLUSIONES

El peso de la raíz en la cosecha presentó un valor mayor con 1,071 kg, fue el tratamiento de gallinaza a 30 t/ha a diferencia del resto de tratamientos que alcanzaron valores inferiores.

El rendimiento agrícola alcanzó un valor mayor estadísticamente significativo en el tratamiento de gallinaza 30 t/

ha (16,58 t/ha), a diferencia de los demás tratamientos que fue menores 25 t/ha (16,09 t/ha), 15 t/ha (16,03 t/ha), 20 t/ha (15,16 t/ha), y el testigo absoluto (12,96 t/ha).

Se demuestra así que el fertilizante orgánico gallinaza, aplicado a 30 t/ha, alcanzo los mejores resultados en ciertas variables medidas en el presente experimento en comparación con la utilización de las diferentes dosis de gallinaza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Núñez-Ramírez, F., Grijalva-Contreras, R. L., Macías-Duarte, R., Robles-Contreras, F., & Ceceña-Duran, C. (2012). Crecimiento, Acumulación y Distribución de Materia Seca en Tomate de Invernadero. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XIV(3), 25-31. <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotecnia/2012/vol14/no3/4.pdf>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA revista de agroecología*, 14, 5-8. <https://archive.foodfirst.org/wp-content/uploads/2016/01/leisa-cambio-climatico.pdf>
- Casas, S., & Guerra, L. (2020). Chicken manure, effect on the environment and possibilities for reuse. *Revista de Producción Animal*, 32(3), 4-15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000300087#B21
- Estrada, E., Murillo, B., Cervantes, T., Gallegos, M., Fortis, M., & Vásquez, C. (2022). Fertilización orgánica para mejorar calidad nutraceútica de híbridos de tomate y su efecto en las propiedades químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 40(e1613), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1613>
- FAO. (2011). Producción de Hortalizas. <https://www.fao.org/3/as972s/as972s.pdf>
- FAOSTAT. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Kantarli, Kabadayi, Ucar, & Yanik. (2016). Conversion of poultry wastes into energy feedstocks. *National Center for Biotechnology Information*, 56, 530–539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.019>
- Leiva, C. (2014). La agricultura y la Ciencia. *Idesia (Arica)*, 32(3), 03-05. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000300001>
- Luz, J. M., Silva Júnior, J., Teixeira, M., Silva, M., Severino, G., & Berildo de Melo. (2009). Performance of carrot cultivars in the Summer and Autumn-Winter, in Uberlândia, Brazil. *Horticultura Brasileira*, 27(1), 96–99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000100019>
- Moreno-Miranda, C., Moreno-Miranda, R., Pilamala-Rosales, A. A., Molina-Sánchez, J. I., & Cerda-Mejía, L. (2019). The fruit and vegetable sector in Ecuador: Main socio-productive characteristics of the agri-food network of Cape gooseberry (*Physalis peruviana*). *Ciencia y Agricultura*, 16(1), 31-51. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8809>
- Rodríguez, J., Velandia, J., & Viteri, S. (2010). Evaluation of Microorganisms Insolated from Hen Manure for their Potencial as Biocontrol Agents of Fusarium (*F. oxysporum*) in Gooseberry (*Physalis peruviana*) Seedlings. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5499-5509. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472010000200004&lng=p-t&tlng=es
- Rodríguez-Izquierdo, L., Ramos-León, J. Z., China-Horta, A., & Falcón-Rodríguez, A. (2021). Crecimiento y relación fuente-demanda en plantas de zanahoria bioestimuladas con Quitomax® y Pectimorf®. *Cultivos Tropicales*, 42(04), 1-21. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000400009#:~:text=La%20zanahoria%20\(Daucus%20carota%20L,con%20grandes%20valores%20econ%C3%B3micos%20](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000400009#:~:text=La%20zanahoria%20(Daucus%20carota%20L,con%20grandes%20valores%20econ%C3%B3micos%20)
- Santos, F., & Saltos, D. (2020). Evaluación del rendimiento y la calidad de la zanahoria (*Daucus carota* L.) en dos sistemas de producción orgánico y convencional. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 1(1), 5-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.46380/rias.v1i1.11>
- Villaseñor, D., Julio, C., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *CUMBRES*, 1(2), 28 - 34. <https://doi.org/https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n2a5>
- Yanique, C. (2009). *Producción de Zanahoria (Daucus carota) aplicando abono orgánico (Gallinaza) en Nor Yungas*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5134/TD-1393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

06

INCIDENCIA DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

INCIDENCE OF FERTILIZATION ORGANIC ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF CROP OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.)

Miguel Ángel García Torres¹

E-mail: mgarcia4@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8707-2812>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala. El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Torres, M. A., Rodríguez Delgado, I. (2023). Incidencia de fertilización orgánica en crecimiento y desarrollo del cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 43-52. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

La utilización de compuestos orgánicos en la fertilización de hortalizas constituye una alternativa eficaz que posibilita el incremento de la producción sostenible en armonía con el ambiente. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de diferentes fertilizantes orgánicos en parámetros morfológicos y agronómicos del cultivo de lechuga en la granja Santa Inés. Para ello, se desarrolló una investigación experimental en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador, donde se utilizaron fertilizantes orgánicos (gallinaza, compost y humus de lombriz) aplicados a una dosis de 20 t/ha, de forma manual, 15 antes de la plantación realizada mediante trasplante. Se utilizó el cultivar Crespa establecido en semillero previamente. El trasplante se realizó de manera manual. Se midieron semanalmente las variables de ancho, largo y número de hojas, así como, el rendimiento agrícola. La utilización del compost presentó el mayor efecto en el incremento del rendimiento con un 40,5 t/ha, así como, en el ancho y número de hojas, excepto en el largo de la hoja, donde destacó la gallinaza con 18,9 cm. El control mostró respuestas positivas del cultivo lo cual se encuentra asociado con la fertilidad natural del área utilizada para el experimento.

Palabras clave:

Fertilización, materia orgánica, rendimiento agrícola.

SUMMARY

The use of organic compounds in the fertilization of vegetables constitutes an effective alternative that enables the increase of sustainable production in harmony with the environment. The objective of the work was to determine the effect of the application of different organic fertilizers on morphological and agronomic parameters of the lettuce crop on the Santa Inés farm. For this, an experimental investigation was developed at the Faculty of Agricultural Sciences, Technical University of Machala, El Oro, Ecuador, where organic fertilizers (chicken manure, compost and worm humus) were applied at a dose of 20 t/ha, of manually, 15 before planting by transplant. The Crespa cultivar previously established in the seedbed was used. The transplant was performed manually. The variables of width, length and number of leaves were measured weekly, as well as the agricultural yield. The use of compost had the greatest effect in increasing yield with 40,5 t/ha, as well as in the width and number of leaves, except in the length of the leaf, where chicken manure stood out with 18,9 cm. The control showed positive responses from the crop, which is associated with the natural fertility of the area used for the experiment.

Keywords:

Fertilization, organic matter, agricultural yield.

INTRODUCCIÓN

Desde una perspectiva histórica, la aparición de la agricultura y la ganadería determinó y cambió la evolución de los seres humanos, a partir de la domesticación de animales y plantas (Bula, 2020), dentro de las cuales las hortalizas han desempeñado un rol importante por el aporte que realizan en la alimentación saludable de las personas.

Las hortalizas constituyen una excelente fuente de nutrientes y vitaminas que ofrecen una amplia gama de beneficios para el cuerpo, como la regeneración de tejidos mediante las proteínas y de energía a través de los carbohidratos (Veymar, 2017).

Las hortalizas de hojas son vegetales cuyas partes constituyen alimentos para las personas, incluyen las hojas y los brotes en desarrollo; pueden ser cultivadas durante todo el año, si se cuentan con las condiciones adecuadas (J-Green, 2005), dentro de las cuales la lechuga es una de las principales. La hoja de lechuga posee gran variedad de nutrientes como vitaminas (A, B6, C, E, K, B1, B2) y minerales (Calcio, Hierro, Magnesio, Fósforo y Zinc) (Ruíz, 2022).

La producción de lechuga a nivel mundial ha ido en aumento en las últimas décadas. Se cultiva en gran variedad de climas y regiones, lo que la convierte en una hortaliza popular en muchas partes del mundo. China ha sido históricamente el principal productor de lechuga a nivel mundial, seguido por países como los Estados Unidos, India, Irán y España. La producción puede variar según las condiciones climáticas y las preferencias de consumo en cada país (FAOSTAT, 2022).

En Ecuador la mayor producción se encuentra en la provincia de Pichincha donde se obtuvieron 15.575 t en 924 ha, seguido de Chimborazo con una producción de 1.905 t.

La lechuga se caracteriza por poseer una serie de etapas muy definidas en el crecimiento y desarrollo, cada una marcada en la morfología de la planta y en la formación de tejidos.

Dispone de un sistema radicular poco desarrollado, por ello, para un óptimo aprovechamiento de los nutrientes es importante situarlos cerca de la planta y a poca profundidad, aunque es muy sensible a la salinidad (Weerda, 2010). Se adapta a climas frescos y húmedos, la temperatura media de crecimiento se sitúa entre 15 y 20°C (Sepúlveda, 2021). Se puede sembrar o trasplantar durante todo el año y el rendimiento puede variar según las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla (Eda, 2009).

En cuanto a la producción y fertilización durante los últimos años en el cultivo de esta hortaliza ha tenido un gran significado en cuanto el incremento, rendimiento y calidad (Rendón, 2012) orientada al segmento de mercado gourmet. Este factor es debido a la gran aceptación de

la lechuga, que se ha convertido prácticamente en un requerimiento para este tipo de mercado. En los últimos años se ha cultivado bajo invernaderos para su exportación y se han abierto mercados con muy buen potencial en las épocas de venta comercial. En Ecuador hay 1.145 ha de lechuga con un rendimiento promedio de 7.928 kg por ha, según el Ministerio de Agricultura. De la producción total, el 70 % es de lechuga criolla, mientras el 30% es de variedades como la roja, la roma o la salad. Las provincias con mayor producción son Cotopaxi (481 ha). El balance adecuado en las relaciones entre macronutrientes es fundamental para tener mayor eficiencia en la absorción de los mismos y producción (Lara-Herrera et al., 2023).

En la provincia de El Oro la productividad de las hortalizas es menor, debido al uso excesivo de plaguicidas, fertilizantes, al cambio climático e inadecuado manejo de labores culturales, por lo que, es necesario la búsqueda de nuevas alternativas para la producción hortícola (Guillén, 2023).

Una alternativa favorable es el uso de fertilización orgánica, con la finalidad de disminuir costos de aumentar la producción, mitigar la degradación del suelo y disminuir afectaciones a la salud de las personas con el consumo de alimentos sanos y libres de residuos de plaguicidas (Kexin, 2023).

El compost se utiliza como sustrato o enmienda orgánica para mejorar la producción y la calidad de los cultivos (Giménez et al., 2019).

Los fertilizantes orgánicos calientan el suelo y favorecen el desarrollo de las raíces, principal vía de nutrición de plantas; en las tierras en donde no existen su presencia, el suelo se vuelve frío y de pésimas características para el crecimiento (Ruíz, 2022).

Su uso es recomendable para toda clase de suelos, especialmente, para aquellos de bajo contenido en materias orgánicas, desgastados por efectos de la erosión y su utilización contribuye a regenerar suelos aptos para la agricultura (Mosquera, 2010).

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de diferentes fertilizantes orgánicos en parámetros morfológicos y agronómicos del cultivo de lechuga en la granja Santa Inés.

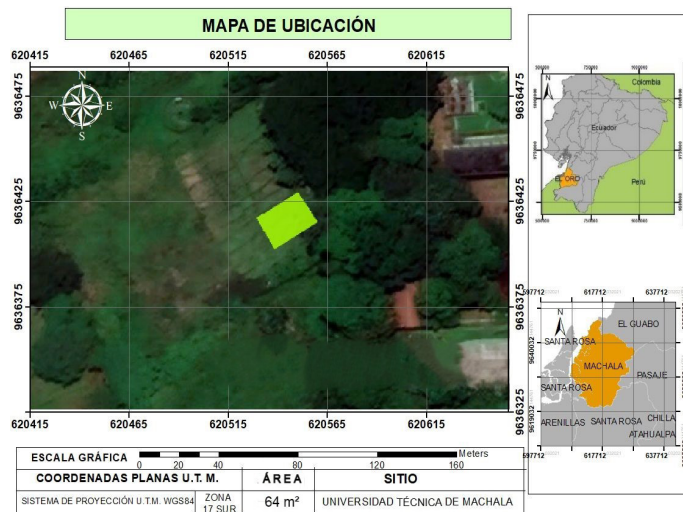
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la granja Santa Inés, en Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, en las coordenadas geográficas 03°17'16" de latitud Sur y 79°54'05" de longitud, a una altitud de 5 msnm (Figura 1). La zona de estudio se caracteriza por presentar suelos aluviales pertenecientes al orden Inceptisol, clase textural

franco arcillo-arenoso y franco arenosa, con buen drenaje, baja conductividad eléctrica y materia orgánica, así como, un pH de 6,8 (Villaseñor et al., 2015).

Figura 1. Ubicación georreferenciada del área experimental



Diseño del experimento

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un Diseño Cuadrado Latino simple 4x4; los tratamientos fueron distribuidos completamente al azar dentro de cada columna de forma independiente y replicados cuatro veces, conformándose 16 unidades experimentales (parcelas de 1,30 m de largo x 1,30 m de ancho alcanzando 1,69 m² y separadas en pasillos de 0,5 m), en las cuales se ubicaron cuatro surcos, separados a una distancia de 0,30 cm, y entre plantas la distancia fue de 0,25 m.

La dosis utilizada para la aplicación de los fertilizantes orgánicos gallinaza, compost y humus de lombriz fue de 20 t/ha área total mezclada con el suelo. La caracterización de los sustratos orgánicos aplicados se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos objeto de estudio

Tratamientos	Composición
Control	Testigo sin aplicación
Gallinaza	65% materia orgánica, nitrógeno 3%, ácidos húmicos 43,50%, fósforo 3%, potasio 2,50 y un pH de 7.
Compost	80% materia orgánica, nitrógeno 4%, humedad 45%, fósforo 2,5%, potasio 1,5%, ácidos húmicos 5 % y un pH de 7.
Humus Lombriz	50%, nitrógeno 2%, humedad 40%, fósforo 2,5%, potasio 1,5%, ácidos húmicos 5% y un pH de 7.

Fuente: Elaboración propia

Manejo del experimento

Preparación del terreno

Para la elaboración de este trabajo experimental se preparó el terreno antes realizar el diseño lo cual se utilizó rastrillo y pala con la finalidad de remover el suelo, garantizándose uniformidad y superficie adecuada para el desarrollo del cultivo.

Preparación de semillero

Se colocó sustrato en un semillero y en una bandeja, para sembrar las semillas de lechuga, que se realizó al voleo y directamente al semillero el 6 de febrero de 2023.

Aplicación de los fertilizantes

Se aplicó el abono de gallinaza, el compost y el de humus de lombriz el mismo día 1 semana antes del trasplante de la lechuga. Se aplicó 0.09 kg a cada unidad experimental siguiendo el diseño que se planteó para el proyecto. Se realizó manualmente en medio del surco colocando de manera homogénea a cada unidad experimental.

Trasplante

La variedad utilizada fue Crespa verde la cual hace parte del tipo de lechuga de corte, que se caracteriza por la presencia de hojas sueltas y rosetas planas, con gran uniformidad y un buen rendimiento (Sepúlveda, 2021).

Se realizó el trasplante 14 días después de la siembra en semillero, de forma manual, teniendo cuidado en no provocar daños mecánicos y afectaciones en colocando la planta cuidadosa del semillero hacia el suelo.

Las variables medidas fueron largo y ancho de la hoja (cm); número de hojas por planta con periodicidad semanal, además del peso de la planta de lechuga y rendimiento agrícola al final del ciclo del cultivo.

Procedimiento estadístico

Para determinar la presencia o no de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos objeto de estudio en función de las variables fueron largo y ancho de la hoja (cm); número de hojas por planta con periodicidad semanal, además del peso de la planta de lechuga y rendimiento agrícola al final del ciclo del cultivo se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor intersujetos. El análisis estadístico fue segmentado por cada momento de medición.

Los datos obtenidos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS versión 25 de prueba para Windows, con una confiabilidad en la estimación de los resultados del 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ancho de la hoja

En la tabla 2 muestra el análisis estadístico ANOVA en los diferentes momentos de medición, en donde el p-valor es

menor al alfa predefinido, por ello, se evidencia que en todos los momentos de medición se presentó efecto de los compuestos orgánicos en el ancho de las hojas de lechuga.

Tabla 2. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para ancho de la hoja de lechuga

Momento de medición		Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	p-valor
0 días	Entre grupos	32,106	3	10,702	32,540	0,000
	Errores	51,306	156	0,329		
	Total	83,412	159			
7 días	Entre grupos	66,338	3	22,113	25,450	0,000
	Errores	135,541	156	0,869		
	Total	201,880	159			
14 días	Entre grupos	63,442	3	21,147	25,194	0,000
	Errores	130,940	156	0,839		
	Total	194,382	159			
21 días	Entre grupos	44,567	3	14,856	23,955	0,000
	Errores	96,744	156	0,620		
	Total	141,311	159			
28 días	Entre grupos	52,017	3	17,339	22,641	0,000
	Errores	119,469	156	0,766		
	Total	171,486	159			
35 días	Entre grupos	59,080	3	19,693	20,484	0,000
	Errores	149,981	156	0,961		
	Total	209,061	159			
42 días	Entre grupos	139,156	3	46,385	40,293	0,000
	Errores	179,587	156	1,151		
	Total	318,744	159			
49 días	Entre grupos	188,736	3	62,912	34,138	0,000
	Errores	287,491	156	1,843		
	Total	476,228	159			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se observan los resultados obtenidos en la prueba Duncan, para el caso de la variable ancho de la hoja los cuales indican que la utilización del compost

alcanzó los mayores valores en todos los momentos de medición, superiores en la mayoría de las ocasiones al testigo y a los demás compuestos utilizados.

Tabla 3. Comportamiento del ancho de la hoja de lechuga bajo el efecto de los fertilizantes orgánicos utilizados en los diferentes momentos de medición

Momento de medición	Tratamientos objeto de estudio			
	Testigo absoluto	Gallinaza (20 t/ha)	Compost (20 t/ha)	Humus de lombriz (20 t/ha)
0 días	2,4b	2,3b	3,4a	2,4b
7 días	5,1a	4,2b	5,3a	3,7c
14 días	6,6b	6c	7,2a	5,5d
21 días	8,0b	7,2c	8,5a	7,3c

28 días	9,0b	8,2c	9,5a	8,2c
35 días	9,8b	9c	10,4a	8,9c
42 días	10,9b	9,9c	11,9a	9,5c
49 días	12,3a	10,9b	12,8a	10,1c

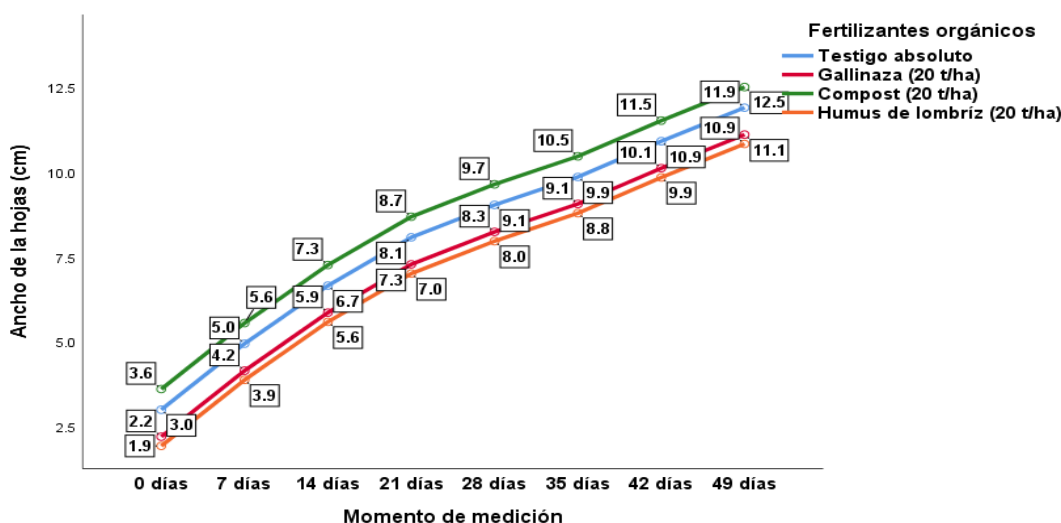
Fuente: Elaboración propia

*Letras diferentes, en cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre fertilizantes orgánicos para un p-valor \leq 0,05 (prueba de Duncan).

En la figura 2 se puede observar que desde el cero día de medición hasta la última semana de la cosecha el compost y el humus de lombriz poseen alta diferencia significativa, siendo el compost el que destacó en todos los

momentos de medición, esto debido a la dosificación que se aplicó al cultivo. Muñoz (2015) alcanzó menores valores con el testigo absoluto asociado con el menor porcentaje de materia orgánica del suelo.

Figura 2. Comportamiento del Ancho de la hoja en diferentes momentos bajo el efecto de los sustratos orgánicos utilizados



Largo de la hoja

Los resultados según la tabla 3 demuestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos en los diferentes momentos de medición en función del largo de la hoja; resultados similares obtuvo Gutierrez (2013) en su trabajo investigativo.

Tabla 3. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para largo la hoja de lechuga

Momento de medición		Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	p-valor
0 días	Entre grupos	29.045	3	9.682	6.731	,000
	Errores	224.395	156	1.438		
	Total	253.440	159			
7 días	Entre grupos	31.105	3	10.368	5.211	,002
	Errores	310.359	156	1.989		
	Total	341.464	159			
14 días	Entre grupos	30.080	3	10.027	7.523	,000
	Errores	207.906	156	1.333		
	Total	237.986	159			

21 días	Entre grupos	96.817	3	32.272	35.471	,000
	Errores	141.931	156	.910		
	Total	238.748	159			
28 días	Entre grupos	89.017	3	29.672	30.956	,000
	Errores	149.531	156	.959		
	Total	238.548	159			
35 días	Entre grupos	76.592	3	25.531	30.468	,000
	Errores	130.719	156	.838		
	Total	207.311	159			
42 días	Entre grupos	21.237	3	7.079	10.718	,000
	Errores	103.038	156	.660		
	Total	124.275	159			
49 días	Entre grupos	20.522	3	6.841	10.570	,000
	Errores	100.958	156	.647		
	Total	121.480	159			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observan los resultados obtenidos en la prueba Duncan, para el caso de la variable largo de la hoja los cuales indican que la utilización de gallinaza alcanzó los mayores valores en todos los momentos de

medición, superiores en la mayoría de las ocasiones al testigo y a los demás compuestos utilizados.

Tabla 6. Comportamiento del largo de la hoja de lechuga bajo el efecto de los fertilizantes orgánicos utilizados en los diferentes momentos de medición

Momento de medición	Tratamientos objeto de estudio			
	Testigo absoluto	Gallinaza (20 t/ha)	Compost (20 t/ha)	Humus de lombriz (20 t/ha)
0 días	7,8a	7,7a	6,7b	7,5a
7 días	9,9b	10,9a	9,8b	10,0b
14 días	12,1b	13,3a	12,3b	12,5b
21 días	13,2c	15,2 a	13,5c	14,01b
28 días	14,2c	16,1a	14,4bc	14,7b
35 días	15,3bc	16,9a	15,1c	15,7b
42 días	16,6b	17,6a	17,3a	17,5a
49 días	17,9b	18,7a	17,8b	18b

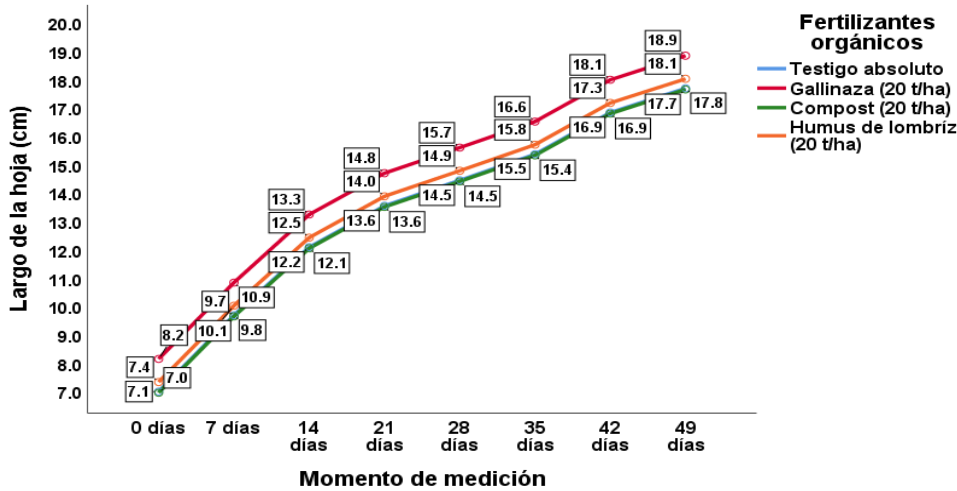
Fuente: Elaboración propia

*Letras diferentes, en cada momento de evaluación, indican diferencias estadísticas significativas entre fertilizantes orgánicos para un p-valor \leq 0,05 (prueba de Duncan).

De acuerdo al análisis estadístico de las características morfoagronómicas de la lechuga que se detalla en la figura 6 se determinó que la gallinaza con 3% de nitrógeno y 65 % de materia orgánica predominó con 18.9 cm de largo a diferencia de los demás tratamientos que la dosis

que se aplicó fue mayor pero no tuvo relevancia en el resultado. Corroborando los datos con (Arvani, M. C; Gili & Fernández, L; González, R; Reeb, P; Sánchez, 2008) expresa que los datos obtenidos con fertilización orgánica fue favorable el crecimiento y desarrollo.

Figura 3. Comportamiento del largo de la hoja en diferentes momentos bajo el efecto de los sustratos orgánicos utilizados



Número de hojas

En la tabla 4 se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable número de hojas donde existen diferencias significativas a los cero días luego a los 21

días hasta los 49 días de la cosecha. Sin embargo, en los días que no presentaron diferencias significativas fue a los 7 y a los 14 días, esto debido a que el p-valor es mayor al alfa establecido.

Tabla 4. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para largo la hoja de lechuga

Momento de medición		Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	p-valor
0 días	Entre grupos	4.350	3	1.450	3.161	0,026
	Errores	71.550	156	0.459		
	Total	75.900	159			
7 días	Entre grupos	2.100	3	0.700	.857	0,465
	Errores	127.400	156	0.817		
	Total	129.500	159			
14 días	Entre grupos	2.225	3	0.742	0.520	0,669
	Errores	222.550	156	1.427		
	Total	224.775	159			
21 días	Entre grupos	85.950	3	28.650	14.434	0,000
	Errores	309.650	156	1.985		
	Total	395.600	159			
28 días	Entre grupos	90.050	3	30.017	13.922	0,000
	Errores	336.350	156	2.156		
	Total	426.400	159			
35 días	Entre grupos	69.719	3	23.240	12.609	,000
	Errores	287.525	156	1.843		
	Total	357.244	159			

42 días	Entre grupos	95.719	3	31.906	21.138	,000
	Errores	235.475	156	1.509		
	Total	331.194	159			
49 días	Entre grupos	60.769	3	20.256	13.218	,000
	Errores	239.075	156	1.533		
	Total	299.844	159			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observan los resultados obtenidos en la prueba Duncan, para el caso de la variable largo de la hoja los cuales indican que la utilización de gallinaza alcanzó los mayores valores en todos los momentos de medición, superiores en la mayoría de las ocasiones al testigo y a los demás compuestos utilizados.

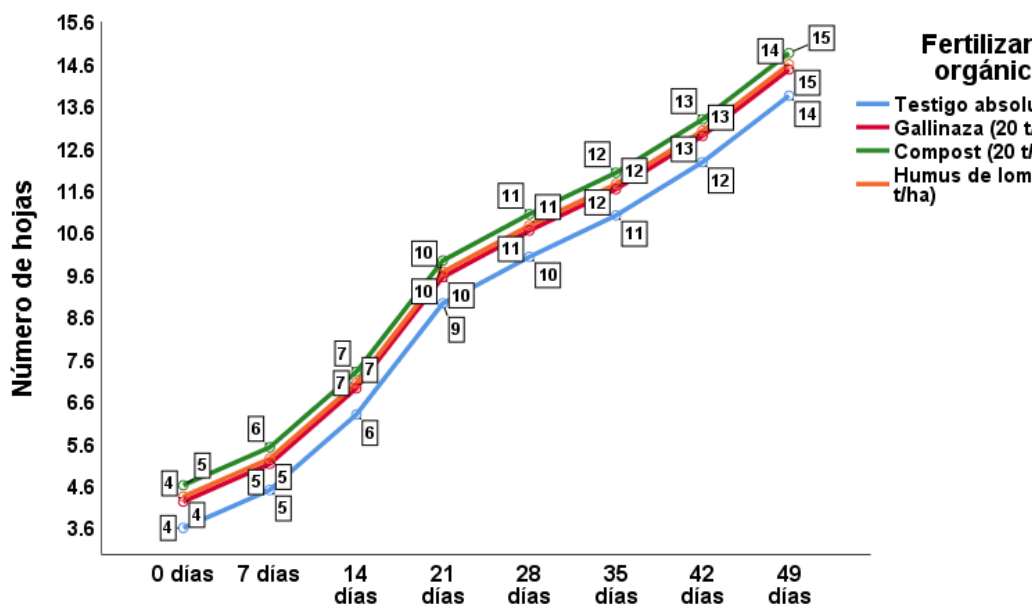
Tabla 6. Comportamiento del número de hojas en la planta de lechuga bajo el efecto de los fertilizantes orgánicos utilizados en los diferentes momentos de medición

Momento de medición	Tratamientos objeto de estudio			
	Testigo absoluto	Gallinaza (20 t/ha)	Compost (20 t/ha)	Humus de lombriz (20 t/ha)
0 días	4,35ab	4,4a	4,0b	4,05b
7 días	5,05a	5,0a	5,3a	5,1a
14 días	6,8a	6,9a	7,1a	6,7a
21 días	8,3c	9,5b	10ab	10,2a
28 días	9,3b	10,9a	11,0a	11,3a
35 días	10,5c	11,9ab	11,6b	12,3a
42 días	11,8c	12,9b	14a	12,7b
49 días	14,4b	14 b	15,5 a	14b

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se observa que el que tuvo un mayor impacto en el número de hojas es el compost en comparación con los demás tratamientos, esto se debe al comportamiento de materia orgánica y nitrógeno en la planta que favorece a que las hojas aumenten y tengan un mejor rendimiento. Según (Gutierrez, 2013) que trabajó con una mayor dosis de compost y tuvo un resultado favorable para el número de hojas,

Figura 5. Número de hojas bajo fertilizantes en diferentes momentos de medición



Según el análisis de varianza realizado se determinó que hubo diferencia significativa entre los tratamientos en el

rendimiento esto debido a que el p-valor es menor al alfa establecido.

Tabla 5. Rendimiento agrícola

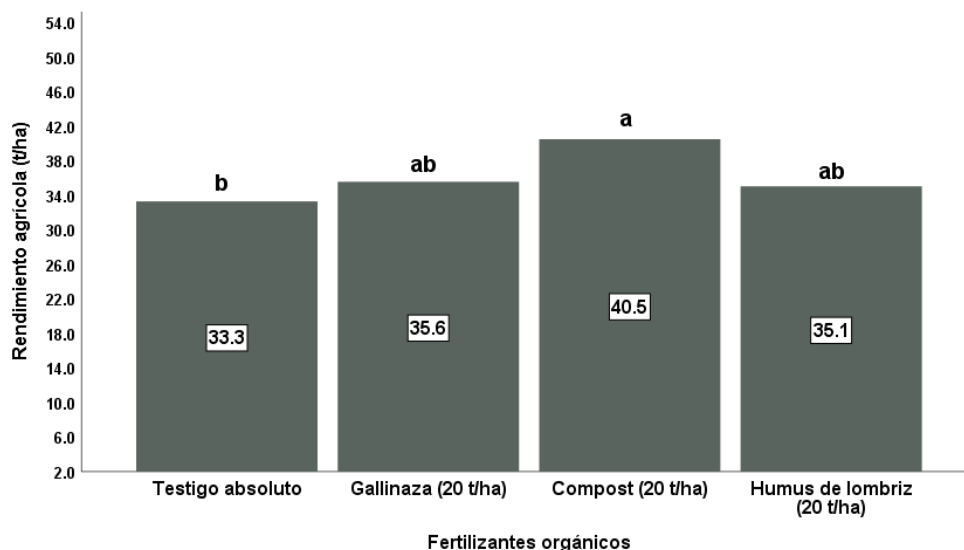
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	p-valor
Entre Grupos	115.000	3	38.333	3.312	0,047
Dentro Grupos	138.887	12	11.574		
Total	253.887	15			

Fuente: Elaboración propia

De la figura 6 se deduce que el compost tuvo un mejor rendimiento agrícola en 40.5 t/ha seguido de la gallinaza y humus de lombriz los cuales no presentan diferencias significativas entre los dos sin embargo su respuesta fue positiva. El que tuvo menor rendimiento fue el testigo

absoluto o control, el cual se vio afectado por la baja dosis de concentración de materia orgánica y nitrógeno. Según (Cruz N, 2022) para obtener un mejor rendimiento se debe de fertilizar en dosis adecuada de nitrógeno y materia orgánica.

Figura 6. Efecto de los fertilizantes orgánicos en el Rendimiento agrícola del cultivo de lechuga



CONCLUSIONES

Se ha demostrado que la aplicación del compost en las diversas variables de medición ha resultado altamente eficaz, principalmente a su contenido sustancial de materia orgánica y nitrógeno. Sin embargo, es importante destacar que, a lo largo del período de estudio, la gallinaza también tuvo un impacto significativo con bajas dosificaciones de compuestos orgánicos. El rendimiento obtenido mediante la aplicación de compost superó a los otros tratamientos en un incremento de 40,5 t/ha, lo que sugiere su destacada influencia en el aumento de la productividad agrícola.

La aplicación del compost en las variables largo y número de hojas ha resultado altamente eficaz, lo que puede estar asociado al contenido de materia orgánica y nitrógeno. Durante el período de estudio, la gallinaza también

tuvo un impacto con un rendimiento de 40,54t/ha, lo que sugiere su destacada influencia en el aumento de la productividad agrícola. Un beneficio claro para la población y para el medio ambiente es la implementación de la fertilización orgánica, ya que mejora el desarrollo de los cultivos, incrementa la calidad del suelo y la calidad de vida de las personas que consumen el producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aruani, M. C; Gili, P., & Fernández, L; González, R; Reeb, P; Sánchez, E. (2008). Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo, Neuquen-Argentina. *Agro Sur*, 36(3), 147–157. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n3-04>

- Bula, A. O. (2020). Importancia de la agricultura en el desarrollo socio-económico. In *Puente Académico* (Issue 16). http://rephip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/18616/Importancia_de_la_agricultura_en_el_desarrollo_socio-económico.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Cruz N, D. D. (2022). Fertilización a base de residuo de mercado para mayor rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Una alternativa sostenible. *Revista Alfa*, 6(17), 336–345. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i17.172>
- Eda, M. (2009). *PRODUCCIÓN DE LECHUGA*.
- FAOSTAT. (2022). *Producción de cultivos y productos de ganadería por países y años*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Giménez, A., Fernández, J. A., Pascual, J. A., Ros, M., López-Serrano, M., & Egea-Gilabert, C. (2019). An agroindustrial compost as alternative to peat for production of baby leaf red lettuce in a floating system. *Scientia Horticulturae*, 246(November 2018), 907–915. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.080>
- Guillén, V. (2023). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas. *Sathiri*, 18(1), 144–157. <https://doi.org/10.32645/13906925.1196>
- Gutierrez, A. (2013). *Evaluación morfológica y de claidad de dos variedades e lechuga*. 6.
- J-Green. (2005). *Cultivo de hortalizas de hojas* (Issue 595).
- Kexin, W. (2023). Development of polyethylene antifogging and antibacterial packaging films for lettuce preservation. *Lwt*, 181(March), 114772. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114772>
- Lara-Herrera, A; de la Rosa-Rodriguez, R; Trejo-Téllez, L. I. (2023). PROPORCIONES DE MACRONUTRIENTES. *Bioagro*, 35(2), 113–122. <https://doi.org/http://www.doi.org/10.51372/bioagro352.4>
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. *Fonag*, 25.
- Muñoz C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en popayan, cauca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(13\)73-82](https://doi.org/10.18684/bsaa(13)73-82)
- Rendón. (2012). *Establecimiento del cultivo hidropónico de Lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Great Lakes 188, mediante la utilización de diferentes tipos de sustratos sólidos en la zona de Babahoyo*.
- Ruíz, N. V. (2022). *Evaluación de la adaptabilidad de cultivos de lechuga (Lactuca sativa L.), en el Cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Ambato.
- Sepúlveda, G. (2021). *Evaluación de la respuesta de lechuga (Lactuca sativa) cv. crespa verde a diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral*. Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas.
- Veymar, M. (2017). El cultivo de las hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 28(1), 29–35.
- Villaseñor, D. (2016). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n2a5>
- 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/10.48190/cumbres.v1n2a5>
- Weerda, H. (2010). *Fertilización de la lechuga*.

07

DENSIDAD DE POBLACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE

POPULATION DENSITY IN THE CORN CROP FOR THE PRODUCTION OF GREEN FORAGE

John Alexander Ordóñez Rodríguez¹

E-mail: jordonez8@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4014-8232>

Viviana Rashel Castro Uchuari¹

E-mail: vcastro4@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2548-2720>

Hipólito Israel Pérez Iglesias¹

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

¹Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ordóñez Rodríguez, J. A., Castro Uchuari, V. R., Pérez Iglesias, H. (2023). Densidad de población en el cultivo de Maíz para la producción de forraje verde. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 53-60. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En el mundo el cultivo del maíz es un cereal utilizado para la producción de forraje y se relaciona directamente con la seguridad alimentaria. Altas densidades de siembra se considera el factor más importante para obtener mayores rendimientos en este cultivo. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la densidad de población en parámetros agromorfológicos en el cultivo de maíz, para la obtención de forraje verde. El experimento se desarrolló en el cantón Las Lajas, El Oro, Ecuador, a 800 msnm. Se utilizó un diseño experimental cuadrado latino 4x4. Los tratamientos fueron: 50 000 plantas/ha⁻¹, 60 000 plantas/ha⁻¹, 70 000 plantas/ha⁻¹ y 80 000 plantas/ha⁻¹ donde se manipuló la densidad de población, se utilizó el análisis de varianza de un factor intergrupos para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, largo de la hoja, ancho de la hoja, diámetro del tallo y rendimiento de forraje verde en t/ha⁻¹. A pesar de que estadísticamente no existieron diferencias significativas entre el rendimiento final evaluado, la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ obtuvo la mejor producción. Un aspecto considerable se presentó en la variable diámetro del tallo, donde todas las densidades de plantación a los días de evaluación (40, 60, 80 días) presentaron diferencias significativas entre ellas, siendo el tratamiento de 50 000 plantas/ha⁻¹ donde las plantas de maíz presentaron el mayor diámetro (1,73; 2,80; 2,99 cm) a los 40, 60 y 80 días respectivamente.

Palabras Clave:

Cultivo de maíz, producción de forraje verde, densidad poblacional.

ABSTRACT

In the world, corn is a cereal crop used for fodder production and is directly related to food security. High planting densities are considered the most important factor to obtain higher yields in this crop. The objective of the research was to determine the effect of stocking density on agromorphological parameters in the maize crop, to obtain green fodder. The experiment was carried out in the canton of Las Lajas, El Oro, Ecuador, at 800 meters above sea level. A 4x4 Latin square experimental design was used. The treatments were: 50 000 plants/ha⁻¹, 60 000 plants/ha⁻¹, 70 000 plants/ha⁻¹ and 80 000 plants/ha⁻¹ where the population density was manipulated, the analysis of variance of one intergroup factor was used to determine statistical differences between treatments. The variables evaluated were: plant height, leaf length, leaf width, stem diameter and green forage yield in t/ha⁻¹. Although there were no statistically significant differences between the final yields evaluated, the density of 80,000 plants/ha⁻¹ obtained the best production. A considerable aspect was presented in the variable stem diameter, where all planting densities at the evaluation days (40, 60, 80 days) presented significant differences among them, being the treatment of 50 000 plants/ha⁻¹ where the corn plants presented the greatest diameter (1,73; 2,80; 2,99 cm) at the end of the evaluation period.

Keywords:

Corn crop, green fodder production, population density.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna, la producción de forraje verde es un tema de vital importancia ya que se relaciona directamente con la producción sostenible de alimentos y la seguridad alimentaria a nivel global. La necesidad de asegurar el suministro adecuado de alimentos para la población se vuelve cada vez más crítica debido a la constante creciente demográfica. Los forrajes verdes en particular juegan un papel fundamental al proporcionar alimento y nutrientes esenciales para el ganado, que a su vez abastece a la industria cárnica y láctea FAO (2014) y FAO (2017). El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es una de las principales fuentes de producción de forraje verde (Ferreira et al., 2014) 900-cow dairy farm located in Piedritas (Buenos Aires, Argentina. A nivel mundial se calcula que existen más de 30 países productores de maíz verde, en donde EE. UU es el principal país productor seguido de 5 países con similitudes en producción tales como Croacia, México, Nigeria, Hungría e Indonesia, en la actualidad la producción de este cereal continúa en aumento, particularmente en regiones como América central, África central y Asia, con una tendencia en aumento correspondiente en muchas más partes del mundo FAOSTATS (2022).

La relación entre el cultivo de maíz y la producción de forraje verde es significativa, ya que el maíz es una fuente primaria de alimentación animal y se usa ampliamente para la producción de ensilaje, sin embargo, la densidad de población de plantas de maíz en cultivo puede afectar significativamente el rendimiento del forraje verde, por lo tanto, es fundamental considerar la importancia de la densidad poblacional del cultivo para su rendimiento y su influencia en la producción de forraje verde (Osorio-Santiago et al., 2022).

La densidad de población se considera el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos de los cultivos (Hidalgo-Sánchez et al., 2020). En el cultivo de maíz, tiene un gran efecto sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, ya que el rendimiento de grano aumenta con la densidad de población hasta que alcanza un máximo momento en el cual el rendimiento de grano disminuye cuando aumenta la densidad. La concentración inapropiada de plantas es uno de los factores que puede afectar la producción (Perez-Somarriba & Hernandez-Fernandez, 2022). A menudo se realizan mejoras para aumentar la obtención de cereales, pero no siempre se establece una densidad apropiada. Si los productores utilizan densidades de población superiores a las óptimas, aumenta la competencia por la luz, el agua y los nutrientes, lo que reduce el volumen de raíces, el número de mazorcas, la cantidad y calidad del grano por planta y aumenta la frecuencia de pudrición de raíces y tallos (López-Espíndola et al., 2020).

En Ecuador, el cultivo del maíz es uno de los cultivos más importantes debido a su superficie cultivada y su papel como parte esencial de la dieta de la población. La distribución de algunos de los tipos de maíz más cultivados

depende de los gustos y costumbres de los agricultores (Álvarez Morales et al., 2021). El país cuenta con una variedad de climas y altitudes, lo que influye en la producción de cultivos, incluido el maíz forrajero. En las provincias de Pichincha, Imbabura, Cotopaxi y Azuay, se ha cultivado maíz forrajero para la alimentación del ganado, especialmente en la ganadería lechera. La producción de forraje de maíz puede variar dependiendo de factores como las prácticas agrícolas locales, las condiciones climáticas y la tecnología utilizada, la cantidad de forraje que se produce por hectárea también puede fluctuar según el tipo de maíz forrajero cultivado y las prácticas de manejo (Velásquez et al., 2021). La producción nacional de maíz se lleva a cabo a través de diferentes sistemas de producción que involucran el momento de la siembra y los sistemas de cultivo, incluso de asociar e intercalar con otros cultivos (Ibarra-Velásquez et al., 2023). En cuanto a la época de cultivo, depende de la altitud en la que se encuentre la plantación. A nivel nacional, la mayor proporción de siembra (>80%) se encuentra bajo condiciones de temporada y varía según la altitud del terreno. Generalmente, estas siembras se realizan durante la época de lluvias y en otros lugares donde la siembra depende de la humedad residual observada en el suelo (Ramírez-Díaz et al., 2021).

En Ecuador la separación entre plantas cambian según la región, generalmente los agricultores siembran cultivares de maíz blando de polinización abierta a una distancia promedio de un metro entre hileras y cincuenta centímetros entre plantas, con dos a tres semillas, y esperan establecer densidades de siembra de 40 000 plantas/ha⁻¹ a 60 000 plantas/ha⁻¹, cuando estas dos o tres semillas germinen y crezcan, crecerán dos o tres plantas en cada sitio, y las plántulas germinadas competirán por los recursos, lo que dará como resultado que una sola planta crezca bien, mientras que el crecimiento de las otras plantas es limitado, por lo tanto hay mucho espacio en el medio que no es utilizado por ninguna planta, lo que reduce en gran medida la cantidad real de plantas en el campo (Alonso-Sánchez et al., 2023).

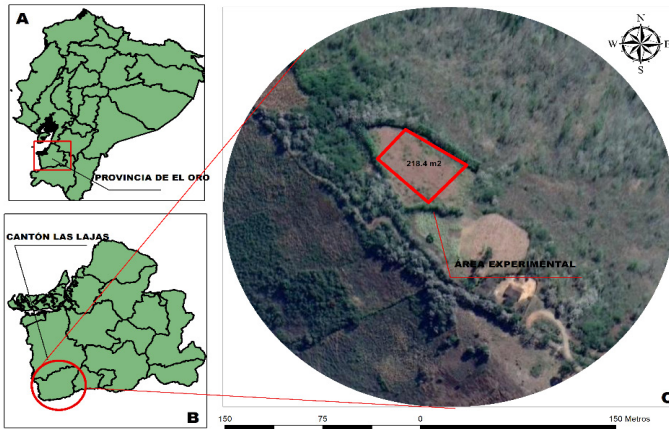
Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la densidad de población en parámetros agro-morfológicos en el cultivo de maíz, para la producción de forraje verde.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la Parroquia La Libertad, perteneciente al cantón Las Lajas – Provincia de El Oro situada a 7 km de Las Lajas, dentro de los predios de la finca “Cañas” con las siguientes coordenadas, Latitud: 03° 45' 35" Sur, Longitud: 80° 04' 20" Oeste (Figura 1) con una altitud de 800 msnm.

La zona de estudio posee una temperatura media de 22.5°C, luminosidad entre 3–4 horas diarias y una precipitación de 1 450 mm anuales (INAMHI, 2022).

Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación, A) mapa del Ecuador, B) provincia del Oro, C) vista satelital del área experimental



Diseño experimental

Para la realización del estudio se implementó un diseño cuadrado latino (DCL), el factor de estudio fueron las diferentes distancias de siembra empleado en el cultivo de maíz, con cuatro tratamientos y tres repeticiones; se delimitó la parcela total de 218.4 m² con un ancho de 15.6 m y largo de 14 m, luego se dividió en las 16 Unidades experimentales (UE), cada unidad experimental, contó con una dimensión 4.8 m² (2,40 m x 2 m) a 2 m de espaciamiento. Para cada UE, se seleccionaron 10 unidades de muestreo (UM), evitando efecto de borde, y se conservaron para mediciones posteriores, lo que resultó en un total de 160 plantas en toda la parcela de estudio. A continuación, se detalla las distancias tomadas como referencia:

Tabla 1. Tratamientos empleados para las diferentes densidades en el cultivo de maíz

Tratamientos		Distancias Empleadas	
N.º	Símbolo		
1	T1(testigo)	50 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,25
2	T2	60 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,21
3	T3	70 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,18
4	T4	80 mil plantas/ha ⁻¹	0,80 x 0,15

Fuente: Elaboración propia

VARIABLES DE ESTUDIO Y MOMENTO DE EVALUACION

Los datos se recolectaron de acuerdo a la metodología descrita por Guamán (2020) el cual evaluó el rendimiento de híbridos con similares características al escogido para la investigación donde se modificó el tiempo de evaluación a 40, 60, 80 días respectivamente:

La altura de las plantas se midió cada 20 días y la primera medición fue a los 40 días después de la siembra. Para ello se seleccionaron al azar 10 plantas en cada unidad experimental y se midió la altura desde la base de la planta hasta el último foliolo durante los días anteriores utilizando una cinta métrica para tal fin. Los datos se

expresan (m); Largo de la hoja, se midió a partir de los 40 días de sembrado, y cada 20 días hasta el final de la investigación, se consideró la hoja central de la planta con ayuda de un metro. Los datos fueron expresados en (m); Ancho de la hoja (AH), la medición empezó a partir de los 40 días después de la siembra y continuado hasta el final de la investigación cada 20 días, la medición se realizó en la parte media de la hoja con ayuda de una regla. Los datos fueron expresados en (cm); Diámetro del tallo, se midió a partir de los 40 días de sembrado y cada 20 días con ayuda de un escalímetro, se consideró tomar el dato a una altura media de la planta seleccionada; Rendimiento (kg/ha), se recolectó la información a los 80 días al finalizar la investigación con ayuda de una balanza, se determinó al pesar todas las plantas por unidad experimental. La cosecha del cultivo se realizó cuando las plantas se encontraban en el estadio R3 a los 80 días después de la siembra.

Figura 2. Proceso de evaluación de variables. A) altura de planta, B) largo de hoja, C) ancho de hoja, D) diámetro del tallo, E) rendimiento



MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

Preparación de terreno. Es esencial para obtener un buen rendimiento de forraje al sembrar maíz, es por ello que primeramente se procedió a retirar la maleza, restos de cultivos anteriores que puedan interferir con el crecimiento del cultivo, en segunda instancia se realizó una labranza del suelo para aflojarlo y permitir que las raíces del

maíz puedan penetrar fácilmente. Esto también ayuda a mezclar materia orgánica y nutrientes en el suelo, luego se realizaron surcos para proceder con la siembra; esto facilita el drenaje del agua y mejora el crecimiento de las plantas. La distancia entre los surcos depende del tipo de tratamiento ubicado en cada unidad experimental. Finalmente se instaló un sistema de riego por aspersión con la finalidad de tener el suelo a capacidad de campo y de forma homogénea en toda el área experimental.

Siembra y fertilización. Se utilizaron semillas híbridas certificadas de maíz del cultivar Advanta 9735, obtenidas de la empresa “DEL MONTE AG” certificadas para un 85% de viabilidad, tal como las características descritas por Moreira (2019), el cual menciona que su periodo de senescencia es de 125 días, con una altura de planta de 240 cm y emergencia de 5-10 días dependiendo del clima, además se menciona su resistencia al acame en tallo y raíz, con una tolerancia media a enfermedades.

Fertilización edáfica: Se realizó fertilización nitrogenada (UREA 46%) dosificada en dos momentos; a los 15 días después de la siembra y a los 30 días proporcionalmente de forma homogénea en todas las unidades experimentales. **Fertilización foliar:** En la investigación se realizó fertilización foliar dosificada en tres momentos; a los 25, 35, 45 días después de sembrado el cultivo.

Control de plagas. En el control preventivo de insectos plaga se realizó fumigación para evitar mosca blanca (*Bemisia tabaci*), cogollero (*Spodoptera frugiperda*), minadores (*Liriomyza trifolii* L.) y dípteros; a los 15 días se aplicó insecticida orgánico de forma foliar descrito en la metodología de Díaz (2022) donde se emplea el uso de una base de ajo (*Allium sativum* L.) que contiene compuestos sulfurados y aceites esenciales que actúan como repelentes y pesticidas naturales, diluidos en un 1 L de agua, la aplicación fue de dos veces por semana durante todo el desarrollo de la investigación.

El control de arvenses durante las primeras fases de desarrollo del cultivo se realizó de manera manual, esto debido a la fragilidad y altas densidades de siembra que se estudiaron, seguidamente en etapa adulta el control se realizó de manera mecánica con el uso de bomba de mochila y herbicidas de origen orgánico para mantener el control de las mismas.

Análisis estadístico. Los datos recolectados se sometieron a ANOVA unidireccional entre grupos y las diferencias estadísticas entre medias se determinaron utilizando el software IBM SPSS 25 a un nivel de significancia del 5%, y las comparaciones post hoc se realizaron utilizando la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta

Los resultados del ANOVA unidireccional entre grupos, muestran las variables evaluadas durante los 40, 60 y 80 días de desarrollo del cultivo, en donde se aprecia que

existen diferencias significativas en función del p-valor (0.05).

La evaluación de Duncan en la variable altura de planta, reveló que el subgrupo “a” tuvo un valor por debajo en su media con respecto a los subgrupos “b” y “ab”, lo que muestra que una densidad poblacional de 50 000 plantas/ha con un valor de altura 1,3775 m es superior a una densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹.

A los 60 días de desarrollo muestra que en la variable altura de planta, el subgrupo “a” proporcionó un valor por debajo en su media con relación a los subgrupos “b” y “ab”, lo que muestra que una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha⁻¹ con un valor de altura 2,525 m es superior a una densidad de 80 000 plantas/ha.

El análisis de Duncan realizado a los parámetros agronómicos del cultivo a los 80 días de desarrollo muestra que en la variable altura de planta, el subgrupo “a” tuvo un valor por debajo en su media con respecto a los subgrupos “b” y “ab”, lo que muestra que una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha⁻¹ con un valor de altura 2,525 m es superior a una densidad de 80 000 y 50 000 plantas/ha⁻¹ correspondientemente (Tabla 2).

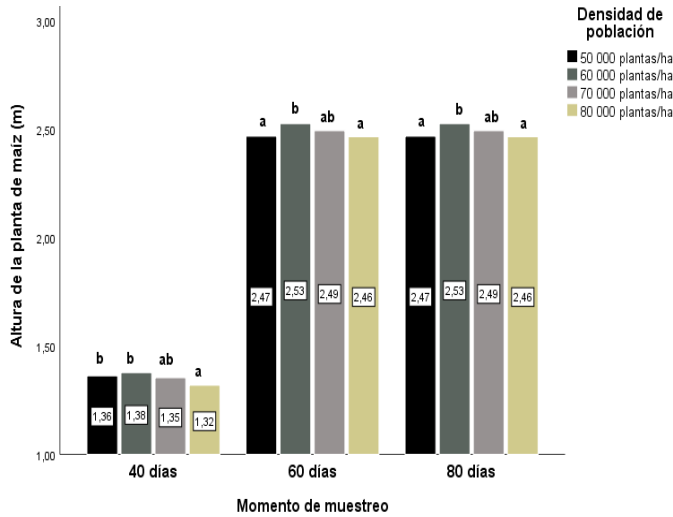
Tabla 2. Análisis de ANOVA y Duncan para altura de planta del cultivo en 40, 60 y 80 días de desarrollo

Plantas/ha ⁻¹	40 días	60 días	80 días
80000	1,3193 a	2,4643 a	2,4643 a
70000	1,3535 ab	2,4923 ab	2,4923 ab
60000	1,3623 b	2,5250 b	2,5250 b
50000	1,3775 b	2,4668 a	2,4668 a
F	3,596	5,272	5,272
Sig	0,015	0,002	0,002

Fuente: Elaboración propia

La densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ obtuvo los mejores resultados en esta variable, empezó desde los 1,38 m a los 40 días de evaluación y su culminación a los 80 días en 2,53 m (Figura 3). Medina-Hoyos et al. (2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cyanidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography) en su investigación referente a cultivares de alto rendimiento mencionan que a menores densidades de siembra las plantas obtienen mayores longitudes, debido a que el proceso de fotosíntesis puede llevarse a cabo de una mejor manera la existencia de una mayor verticalidad de las hojas.

Figura 3. Altura de planta (m) tomados a los 40, 60 y 80, las letras manifiestan la disconformidad significativa por el análisis de Duncan ($p < 0.05$)



Largo de la hoja

En la variable largo de la hoja, todas las densidades evaluadas estuvieron dentro del subconjunto "a" donde la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ fue la más alta con un valor de 1,1033 m y la densidad de 80 000 fue la más baja con 1,0848 m.

Durante los 60 días, se presentaron diferentes significativas entre las densidades evaluadas, la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ correspondiente al subgrupo "ab" al igual que la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ mostraron un valor significativamente similar, el subgrupo "a" con una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha⁻¹ fue el de menor promedio con 1,07 m y finalmente el subgrupo "b" con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ fue el que mayor largo presentó con 1,1272 m.

Mientras a los 80 días, se presentaron diferencias significativas entre las densidades evaluadas, la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ correspondiente al subgrupo "a" al igual que la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ mostró un valor significativamente similar, el subgrupo "bc" y "c" en la densidad poblacional de 80 000 plantas/ha⁻¹ y 70 000 plantas/ha⁻¹ fueron los de mejor promedio con 1,1592 m y 1,1683 m correspondientemente (Tabla 3).

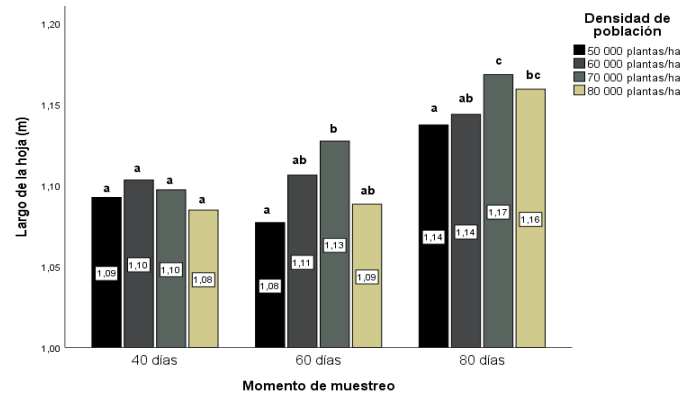
Tabla 3. Análisis de ANOVA y Duncan para largo de hoja del cultivo en 40, 60 y 80 días de desarrollo

Plantas/ha ⁻¹	40 días	60 días	80 días
80000	1,0848 a	1,0883 ab	1,1592 bc
70000	1,0925 a	1,1272 b	1,1683 c
60000	1,0972 a	1,1062 ab	1,1437ab
50000	1,1033 a	1,0770 a	1,1373 a
F	0,912	2,700	5,557
Sig	0,437	0,048	0,001

Fuente: Elaboración propia

Para esta variable, la densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ fue la que obtuvo el mejor promedio durante todo el desarrollo vegetativo del cultivo, con un valor final de 1,17 m (Figura 4), este crecimiento en una densidad superior se le atribuyó al hecho de que las plantas al ser expuestas bajo este fenómeno tratan de extender más hojas para lograr obtener energía de los rallo del sol (Medina-Hoyos et al., 2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cyanidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

Figura 4. Largo de la hoja (m) tomados a los 40, 60 y 80, según la prueba de Duncan ($p < 0,05$) las letras indican la diferencia significativa

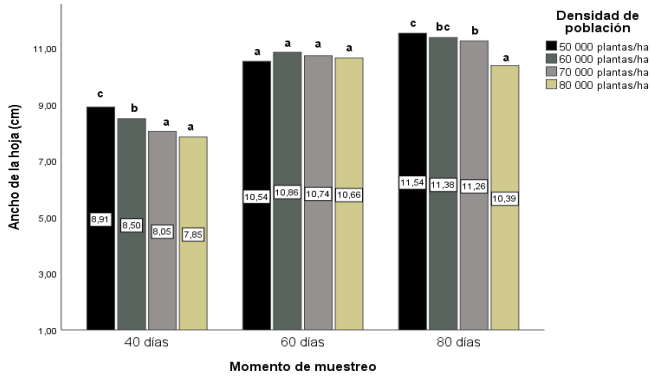


Ancho de la hoja

En esta variable se presentaron diferentes significativas la mayoría de las densidades estudiadas, la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ correspondiente al subconjunto "a" al igual que la densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ mostró el valor más bajo con 7,85 cm, seguida del subgrupo "b" con una densidad poblacional de 60 000 plantas/ha con un promedio de 8,50 cm y finalmente el subconjunto "c" con una concentración de 50 000 plantas/ha⁻¹ fue el que mayor ancho presentó con 8,912 cm.

Mientras a los 60 días, todas las densidades estuvieron dentro del subgrupo "a" donde la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ fue la más alta con un valor de 10,8625 cm y la densidad de 50 000 fue la más baja con 10,5375 cm. Sin embargo, a los 80 días de evaluación, se presentaron diferencias significativas en la mayoría de las densidades evaluadas donde el subgrupo "a" en la densidad de 80 000 plantas/ha⁻¹ fue la más baja con un valor de 10,385 cm y la densidad de 50 000 fue la más alta con 11,5375 cm (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de ANOVA y Duncan para ancho de hoja del cultivo en 40,60 y 80 días de desarrollo



Para el ancho de hoja, el mejor resultado durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo fue la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ con un valor final de 11,54 cm, Medina-Hoyos et al. (2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cianidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography mencionan que cuando las hojas de la planta se elongan demasiado, estas pierden anchura y se vuelven más finas, premisa la cual concuerda con la variable evaluada ya que al tener una mayor densidad la planta tiende a elongar sus hojas y al tener una menor densidad esta tiene un mejor desarrollo ganando anchura (Figura 5).

Figura 5. Ancho de la hoja (cm) tomados a los 40, 60 y 80, las letras señalan la discrepancia demostrativa por la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

Diámetro del tallo

En el diámetro del tallo se presentaron diferencias significativas a los 40 días en la mayoría de las densidades evaluadas, para el subconjunto "a" correspondiente a 80 000 plantas/ha⁻¹, se presentó un diámetro de 1,365 cm, el subconjunto "b", con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ presentó un diámetro de 1,48 cm y finalmente las densidades de 60 000 plantas/ha⁻¹ y 50 000 plantas/ha⁻¹ conformaron un solo subconjunto "c" con 1,662 cm y 1,73 cm. A los 60 días de evaluación el diámetro del tallo, se mostró discrepancias significativas para todas las densidades estudiadas, para el subgrupo "a" correspondiente a 80 000 plantas/ha⁻¹, presentó un diámetro de 2,2675 cm, el subconjunto "b", con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ presentó un diámetro de 2,5225 cm, para el subgrupo "c" se presentó un diámetro de 2,6323 cm y posteriormente la densidad de 50 000 presentó un grosor de 2,80 cm.

Sim embargo, a los 80 días, se observaron diferencias significativas en todas las densidades de plantación, el subconjunto "a" correspondiente a 80 000 plantas/ha⁻¹,

evidenció un menor diámetro de 2,3850 cm, el subgrupo "b", con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ presentó un diámetro de 2,680 cm, para el subgrupo "c" mostró un diámetro de 2,8275 cm y finalmente la densidad de 50 000 diámetro de 2,9863 cm (Tabla 5).

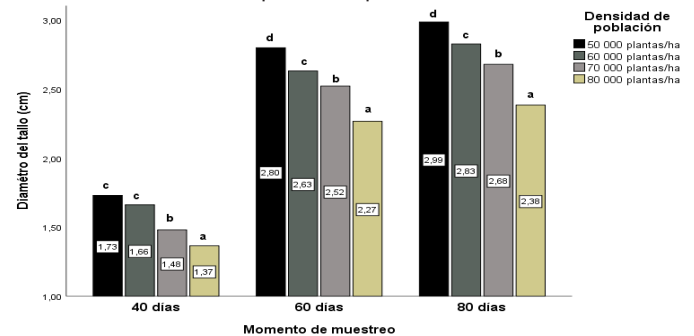
Tabla 5. Análisis de ANOVA y Duncan para diámetro del tallo del cultivo en 40,60 y 80 días de desarrollo

Plantas/ha ⁻¹	40 días	60 días	80 días
80000	1,3650 a	2,2675 a	2,3850 a
70000	1,4800 b	2,5225 b	2,6800 b
60000	1,6625 c	2,6323 c	2,8275 c
50000	1,7300 c	2,8000 d	2,9863 d
F	33,579	49,552	71,625
Sig	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

El diámetro del tallo en la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ tuvo un valor de 2,99 cm (Figura 6). Torres (2022) y Medina-Hoyos et al (2020) was originated in the Andean region and is grown in environments as high as 3000 m.a.s.l.; it is unique because of the purple color in the grain and other parts of the plant; the color is due to the presence of anthocyanin such as cianidine-3-glucoside. The objective of this study was to evaluate the grain production and determine the anthocyanin content in the cob and husk of six purple maize cultivars. Anthocyanin content in cob and husk was obtained through the pigment absorbance determination by HPLC (High Performance Liquid Chromatography reportaron que el diámetro de la planta es mayor en densidades de siembra menores, debido al mejor aprovechamiento fotosintético de las mismas.

Figura 6. Diámetro del tallo (cm) tomados a los 40, 60 y 80, la prueba de Duncan ($p < 0.05$) señalan la diferencia significativa expresadas por las letras



Rendimiento

Es evidente que existe una relación compleja entre la densidad de plantación y el rendimiento obtenido, como lo indican los datos proporcionados. Para las densidades de siembra de 50 000 plantas/ha⁻¹ y 60 000 plantas/ha⁻¹, se observa cómo los rendimientos resultantes son prácticamente idénticos, con 69,48 t/ha⁻¹ y 68,57 t/ha⁻¹, respectivamente. Este patrón sugiere que, en este rango específico, la variación en densidad no conlleva cambios significativos en la producción, lo que podría tener

implicaciones prácticas en términos de costos y gestión de cultivos (Tabla 6).

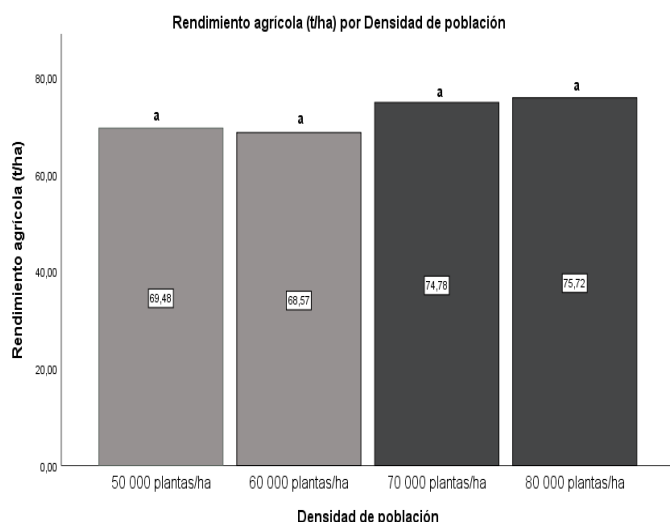
Tabla 6. Análisis de ANOVA y Duncan para el rendimiento final del cultivo

Plantas/ha ⁻¹	Rendimiento 80 días
80000	75,7208 a
70000	74,775 a
60000	68,5708 a
50000	69,4833 a
F	2,378
Sig	0,121

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, es interesante observar que a densidades de siembra de 70 000 plantas/ha⁻¹ y 80 000 plantas/ha⁻¹ se obtienen 74,78 t/ha⁻¹ y 75,72 t/ha⁻¹ respectivamente. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas realizadas por Ramírez et al., (2020) y Quevedo et al., (2015), quienes también concluyeron que la siembra a densidades más altas resulta en una mayor rentabilidad en comparación con los métodos tradicionales. Estos resultados respaldan la noción de que la adopción de densidades de siembra más altas puede ser un enfoque prometedor para maximizar la producción agrícola.

Figura 7. Rendimiento agrícola en (tn/ha) obtenidos en función de las densidades poblacionales evaluadas en la investigación



Cabe destacar el estudio particular realizado por Ramírez et al., (2020), evaluaron una densidad alta de 100 000 plantas/ha⁻¹, donde se logró un rendimiento de 11,6 t/ha⁻¹. Estos datos respaldan aún más la idea de que la siembra a altas densidades puede ser altamente productiva y beneficiosa para los agricultores. En consecuencia, este enfoque podría ser considerado un sistema agrícola más eficiente y rentable en comparación con los métodos tradicionales (Figura 7).

CONCLUSIONES

Al evaluar la densidad de población en el cultivo de maíz para la obtención de forraje verde se concluye que la densidad de siembra de 80 000 plantas/ha⁻¹ demostró obtener los mejores rendimientos en la investigación alcanzando 74,78 t/ha⁻¹, a diferencia del tratamiento testigo 50 000 plantas/ha⁻¹ el cual obtuvo un rendimiento de 69,48 t/ha⁻¹, ante ello se denota la importancia de la densidad de siembra en la producción de maíz para forraje verde, ya que las altas densidades están directamente relacionadas con la productividad final.

Otro aspecto considerable fue la evaluación de la variable; grosor del tallo, en donde la mejor densidad durante el desarrollo del cultivo fue la de 50 000 plantas/ha⁻¹; se presentaron diferencias significativas para todas las densidades evaluadas, al finalizar la investigación a los 80 días se obtuvo los siguientes resultados: a 80 000 plantas/ha⁻¹ se presentó un diámetro de 2,3850 cm, con una densidad de 70 000 plantas/ha⁻¹ se obtuvo un diámetro de 2,680 cm, la densidad de 60 000 plantas/ha⁻¹ presentó un grosor de 2,8275 cm y finalmente la densidad de 50 000 tuvo mayor diámetro de 2,9863 cm, estos resultados demuestran que los diámetros de las plantas son mayores en densidades de siembra menores, gracias al mejor aprovechamiento fotosintético de las mismas. Importante mencionar que la densidad de siembra más baja favoreció en la variable ancho de la hoja pues al finalizar la investigación la densidad de 50 000 plantas/ha⁻¹ obtuvo un valor final de 11,54 cm, mayor a los resultados de las otras densidades. Sin embargo, la densidad de siembra del maíz tiene un impacto directo en la producción de forraje verde, la elección de la densidad óptima debe basarse en una comprensión profunda de las condiciones locales (clima-suelo), los objetivos de producción y las características nutricionales deseadas en el forraje resultante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I., & Mora-García, K. (2023). El Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. *Revista Terra Latinoamericana*, 41, 1–15. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>
- Álvarez Morales, E. L., Álava Camacho, Y. D., Orellana Haro, J. A., & Tipan Tubay, T. S. (2021). Evaluación socioeconómica de la producción de maíz en la zona norte de la provincia de Los Ríos. *Centro Sur*, 4, 222–236. <https://doi.org/10.37955/cs.v4i2.79>

- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E., Aguirre-Gil, O. J., & Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Abono líquido e insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* y rendimiento de maíz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3311>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en America Latina y el Caribe* (S. Salcedo & L. Guzman (eds.)). <https://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf>
- FAO. (2017). El futuro de la agricultura y la alimentación. In *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura* (Vol. 1, Issue 1). <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>
- FAOSTATS. (2022). *Producción de Maíz verde por país y años*. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Ferreira, G., Alfonso, M., Depino, S., & Alessandri, E. (2014). Effect of planting density on nutritional quality of green-chopped corn for silage. *Journal of Dairy Science*, 97(9), 5918–5921. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8094>
- 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), 047–056. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Hidalgo-Sánchez, M. G., González-Hernández, V. A., Mendoza-Onofre, L. E., Cruz-Huerta, N., & Ramírez-Ramírez, I. (2020). Performance of maize ideotypes (*Zea mays* L.) in two plant densities. *Agrociencia*, 54(4), 491–504.
- Ibarra-Velásquez, A. A., Ramírez-Flores, L. C., Molina-Villamar-John, & Zuñiga-Moreno, L. E. (2023). Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador. *Polo Del Conocimiento*, 78(1), 1862–1873. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i1>
- López-Espíndola, M., Herrera-Corredor, J. A., Balderas-López, J. M., Argumedo-Macías, A., Hernández-Cázares, A. S., & Muñoz-Marquez Trujillo, R. A. (2020). Caracterización fisicoquímica de masas de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado: caso Córdoba, Veracruz, México. *Agro Productividad*, 13(2), 9–14. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1489>
- 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, B. (2019). Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. In *Repositorio Digital UTEQ*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7faa87de-005e-4ce7-ad79-7803738e44c9/content>
- Osorio-Santiago, V. J., Aguado-Rodríguez, G. J., Rodríguez-Martínez, N., Rodríguez-Ortega, L. T., Alviter-Aguilar, A., & Rodríguez Ortega, A. (2022). Corn (*Zea mays* L.) green matter production in different sowing densities. *Agro Productividad*, 113–118. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i4.2170>
- Perez-Somarriba, E. B., & Hernandez-Fernandez, G. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del Cultivo de Maíz (*Zea Mays*) en camas Biointensivas. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 8(15), 1876–1885. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14332>
- 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. *Scientia Agroalimentaria*, 2(0), 18–24. <https://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/view/741/577>
- Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-de la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., Vidal-Martínez, V. A., Salinas-Moreno, Y., & Ledesma-Miramontes, A. (2021). Respuesta De Híbridos Subtropicales De Maíz a La Densidad De Población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 173. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.173>
- Ramírez-Gómez, J. S., De la Rosa-Santamaría, R., Miranda-Colín, S., García-Zavala, J. J., Mejía-Contreras, J. A., García-Velázquez, A., & Vargas-Villamil, L. M. (2020). Comportamiento Agronómico Del Maíz Tropical Dosmesano Nativo De Tabasco, México Bajo Diferentes Densidades De Siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), 251. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.251>
- Torres, K. (2022). Evaluación de la nutrición y densidades de siembra en la variedad de maíz iniap 543-QPM con fines forrajeros en el cantón la joya de los sachas. [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/18639/1/01073.pdf>
- Velásquez, J., Zambrano, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortíz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M., & Sanmartín G. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5796/1/GUIA_CULTIVO_DE_MAIZ_2021-1.pdf
- INAMHI. (2022). Anuarios meteorológicos. <https://elyex.com/inamhi-anuarios-metereologicos-en-pdf/>

08

EFFECTOS DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN EX VITRO-IN VITRO EN ÁPICES MERISTEMÁTICOS DE PLÁTANO CLON DOMINICO

EFFECTS OF EX VITRO-IN VITRO DISINFECTION METHODS ON MERISTEMATIC TIPS OF PLANTAIN CLONE DOMINICO

Kevin Andres Lima Morales¹

E-mail: klima1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2355-3604>

Alexander Moreno Herrera¹

E-mail: amoreno@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8898-4195>

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)

Lima Morales, K. A., Moreno Herrera, A., Rodríguez Delgado, I. (2023). Efectos de métodos de desinfección ex vitro-in vitro en ápices meristemáticos de plátano clon Dominicó. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 61-67. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El plátano clon Dominicó (*Musa x paradisiaca*), es un monocultivo esencial para alimentación local, con limitantes de susceptibilidad a plagas y patógenos que afectan su producción a mediano y largo plazo que la disponibilidad de material vegetal de calidad. El objetivo del estudio fue determinar la respuesta de ápices meristemáticos de plátano clon Dominicó expuestos a métodos de desinfección *ex vitro-in vitro* que permitan mejorar la calidad y su sobrevivencia en condiciones *in vitro*. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con total de doce tratamientos combinando la desinfección *ex vitro* e *in vitro*, y empleo de antibióticos (Cloranfenicol, tebuconazol y Azoxystrobin) para un total de 60 yemas axilares tipo espada de 40–50 cm de altura de los cuales se extrajeron los ápices meristemáticos, evaluándose la respuesta de ápices, la contaminación (bacteriana y fúngica), fenolización y la actividad e inactividad. La mejor respuesta de sobrevivencia de los ápices meristemáticos fue la desinfección con fungicida y bactericida *ex vitro-in vitro* y fungicida y bactericida *ex vitro*-fungicida *in vitro*. Sin antibióticos *ex vitro*-bactericida *in vitro* producto a su capacidad de regeneración al tener dominancia apical a los 28 días que muestra una mejor calidad del ápice. La calidad en la coloración y la proliferación de la dominancia apical sin desinfección *ex vitro*-bactericida *in vitro* demuestra ser el mejor proceso de desinfección para la fase de establecimiento *in vitro*.

Palabras clave:

Establecimiento, plátano, desinfección, *ex vitro*, *in vitro*.

ABSTRACT

The Dominican clone plantain (*Musa x paradisiaca*) is an essential monoculture for local food, with susceptibility limitations to pests and pathogens that affect its production in the medium and long term than the availability of quality plant material. The objective of the study was to determine the response of meristematic tips of plantain clone Dominicó exposed to ex vitro-in vitro disinfection methods that allow improving the quality and their survival under in vitro conditions. A Completely Random Design (DCA) was used with a total of twelve treatments combining ex vitro and in vitro disinfection, and use of antibiotics (Chloramphenicol, Tebuconazole and Azoxystrobin) for a total of 60 sword-type axillary buds of 40–50 cm in diameter. height from which the meristematic apices were extracted, evaluating the response of apices, contamination (bacterial and fungal), phenolization and activity and inactivity. The best survival response of the meristematic apices was disinfection with fungicide and bactericide ex vitro-in vitro and fungicide and bactericide ex vitro-fungicide in vitro. Without antibiotics ex vitro-bactericidal in vitro due to its regeneration capacity by having apical dominance at 28 days, which shows a better quality of the apex. The quality in the coloration and the proliferation of the apical dominance without ex vitro-bactericidal disinfection in vitro proves to be the best disinfection process for the in vitro establishment phase.

Keywords:

Establishment, banana, disinfection, *ex vitro*, *in vitro*.

INTRODUCCIÓN

El plátano clon Dominicó (*Musa x paradisiaca*) es un híbrido triploide (AAB) del Subgrupo Plantain, que proviene del cruce entre *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, es de gran interés en el ámbito alimentario, social y económico, determinándose su origen de regiones del Sudeste de Asiático (Velasco & Abasolo, 2019). La producción mundial de plátano en 2020 alcanzó un valor de 45 millones de toneladas métricas en el mundo (FAOSTAT, 2022). En Ecuador la superficie plantada es de 82.341 ha como monocultivo y 101.258 ha en asociación, ambas repartidas entre pequeños y medianos productores, que representa el 9,3% en la producción de cultivos permanentes ubicadas en la provincia de Manabí, Guayas y El Oro, las cuales conforman más del 90% de la producción de plátano, reporta 317.523 t y 171293 t cosechadas con un rendimiento de 3,85 tha^{-1} y 1,69 tha^{-1} , bajo a comparación del rendimiento aproximado de 10 tha^{-1} en el resto de países (INEC, 2022; Fernández et al., 2021).

En este contexto se evidencian factores que limitan su rendimiento directamente como: factores atmosféricos, manejo fitosanitario (alta incidencia de plagas y enfermedades) además del factor económico (Martínez, 2009), entre las principales plagas se encuentran el picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar), nematodos (*Helicotylenchus* sp. Pratylenchus sp. y *Meloidogyne* sp.), y en menor medida áfidos (*Pentalonia nigronervosa*) y chinche harinosa o cochinilla (*Dysmicoccus texensis*), las enfermedades que presentan son de tipo bacteriosis como la pudrición acuosa (*Erwinia* sp.) y moko (*Ralstonia solanacearum* Raza 2), virosis como el Virus del Mosaico del Pepino (CMV) y el Virus del Estriado del Banano (BSV), además de fúngicas como Marchites por fusarium (*Furarium oxysporum* cubense Raza 4 Tropical) y la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) debido a esto es necesario proporcionar plantas sanas, homogéneas y con vigor genético (Fernández et al., 2021).

Estos requerimientos de material vegetal son cubiertos mediante el cultivo *in vitro*, que permite el aislamiento de un fragmento de material vegetal (explante: órgano, tejido o células) para ser cultivadas en un medio nutricional artificial y aséptico, se relaciona con el volumen de producción que se desea a partir de una planta donante. Requiriéndose especialmente la propagación de plantas que muestran dificultad para reproducirse de forma vegetativa con el fin abastecer la demanda de material vegetal (mediante yemas axilares o rizomas) para plantar, como el plátano clon Dominicó (Velasco, 2019). Dentro de este proceso *in vitro* la primera fase de establecimiento (transición *ex vitro* a *in vitro*) requiere un manejo estricto para evitar la pérdida del explante, así como la contaminación del medio de cultivo causado por microorganismos presentes en las células vegetales, que no se puede eliminar mediante la desinfección externa, la fenolización o la inactividad del explante (Arbeláez et al., 2016).

La utilización de estrategias para disminuir la pérdida del explante es el uso eficiente de agentes antioxidantes y

antibióticos (Sanes, 2002). Una vez establecido este material vegetal *in vitro* para producción, además permite enfocarse en la conservación de la especie en un banco de germoplasma de cultivares a nivel local (Scocchi y Rey, 2010). El objetivo del estudio fue determinar la respuesta de ápices meristemáticos de plátano clon Dominicó expuestos a métodos de desinfección *ex vitro-in vitro* que permitan mejorar la calidad y su sobrevivencia en condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

Las plantas plátano donantes utilizadas en el presente trabajo de investigación son provenientes del cantón El Guabo sector "Las Casitas" de la provincia de El Oro. Las yemas de plátano son establecidas directamente una vez se extraen del campo hacia laboratorio de Micropropagación Vegetal, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

Establecimiento de material vegetal

Procedimiento del establecimiento *in vitro* de plátano clon Dominicó:

1. Selección y extracción de yemas axilares con características óptimas
2. Desinfección del material vegetal (desinfección estándar y experimental)
3. Preparación del medio de cultivo
4. Establecimiento de las yemas

Selección y extracción

Las yemas axilares de plátano extraídas de campo fueron de tipo espada y con una altura aproximada de 50 cm de alto (Figura 1A), son separadas de la planta madre (Figura 1B) y de sus raíces de anclaje para ser lavadas en una solución de detergente y posterior ser enjuagadas a chorro continuo.

Figura 1: (A) Planta de plátano clon Dominicó (B) Yemas axilares de plátanos seleccionados y extraídos (C) Yemas decapitadas y desinfectadas



Proceso de desinfección

Las yemas axilares se decapitaron a 20 cm de la base de cormo, luego se desinfectaron con formol al 0,1 % (v/v) durante 3 min (Figura 1C). Después se sumergieron

en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO al 1%) y tween 20 (1 gl⁻¹) durante 24 h. Posteriormente los explantes se reducen a una altura o calibre determinado de 10 cm de alto para ser sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO al 3%) durante 20 minutos en constante agitación. Posteriormente se cortan las capas exteriores afectadas por el NaClO, hasta una altura 5 cm (2,5 cm de pseudotallo y 2,5 cm de cormo), nuevamente se sumergen nuevamente en otra solución de hipoclorito de sodio (NaClO al 3%) durante 20 minutos para realizar el último corte antes de la siembra.

Desinfección experimental

En la siguiente Tabla 1 se describe las desinfecciones experimentales que se lleva a cabo antes de sumergir por segunda ocasión los explantes en NaClO al 3%.

Tabla 1: Diferentes formas de desinfección de explantes

Procedimiento	Descripción	Cantidad (ml l ⁻¹)
Desinfección (F0BO)	Desinfección con NaClO (3%)	-
Desinfección (B)	Desinfección con NaClO (3%) + Cloranfenicol	0,5
Desinfección (FB)	Desinfección con NaClO (3%) + Cloranfenicol + (Tebuconazole y Azoxystrobin)	0,5 0,5

Fuente: Elaboración propia

Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo utilizado fue el (MS) de Murashige y Skoog descrito en 1962, suplementado con 30 gl⁻¹ de sacarosa, 0,1 gl⁻¹ ácido ascórbico, 4 mg l⁻¹ de L-cisteína, 1 gl⁻¹ de carbón activado. Además de adicionar antibiótico (fungicida: Tebuconazol y azoxystrobin, bactericida: Cloranfenicol) de acuerdo a medio de cultivo (Tabla 2), el pH se ajustó a 5,8 y se dispensó en cada frasco de siembra 30 ml cada uno. Posteriormente se autoclavó a 121 °C (15 psi) durante 24 minutos y se almacenó en el área de medios de cultivo.

Tabla 2: Componentes del medio de cultivo MS para establecimiento con antioxidantes, antibiótico y fungicida

Diseño experimental

Fuente: Elaboración propia

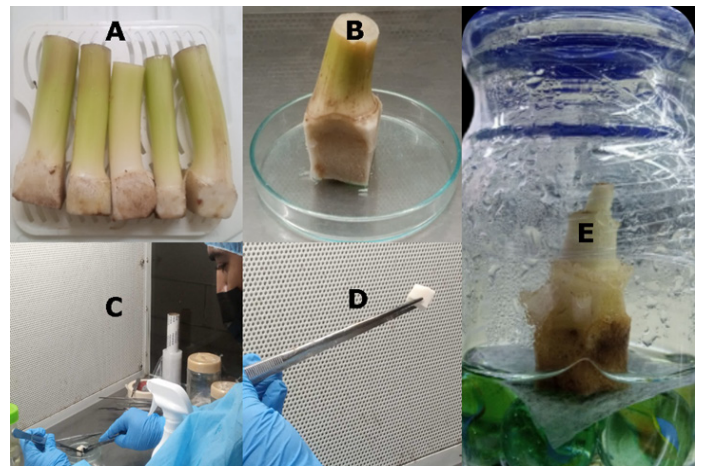
Tabla 3: Descripción del proceso de desinfección en establecimiento de yemas axilares.

F0B0 desinfección sin fungicida ni bactericida; **F0B** es desinfección solo con bactericida; **FBO** desinfección solo con fungicida; **FB** desinfección con fungicida y bactericida; **(E)** refiere al procedimiento *ex vitro*; y la tetra **(I)** es el procedimiento *in vitro*.

iv) Establecimiento de yemas axilares

El último corte de las yemas axilares o en este punto también denominados ápices meristemáticos es a una altura final de 1 cm x 1 cm, con dimensiones del largo por el ancho en el punto meristemático caulinar apical, que posteriormente se sumergen en una solución de L-cisteína para evitar la oxidación inmediata del explante, luego se colocan en los frascos luego de ser enjuagado en agua destilada estéril para ser sellada herméticamente con rollo stretch y almacenada en cuarto oscuro durante 92 h. Posterior a esto se trasladó al cuarto de crecimiento con luz artificial y natural, donde cumplió un fotoperiodo de 16 h luz, además de mantener una temperatura promedio de 25 °C y humedad relativa promedio de 70 % durante un ciclo de 21 días.

Figura 3: (A) Explantes o yemas axilares previas al proceso de desinfección (B) explantes posterior a la desinfección (C) corte final de explantes o ápices meristemáticos (1 cm x 1 cm) (D) siembra de ápices en medios de cultivo MS (E) estado de ápices luego de siete días desde el establecimiento



Procedimiento estadístico

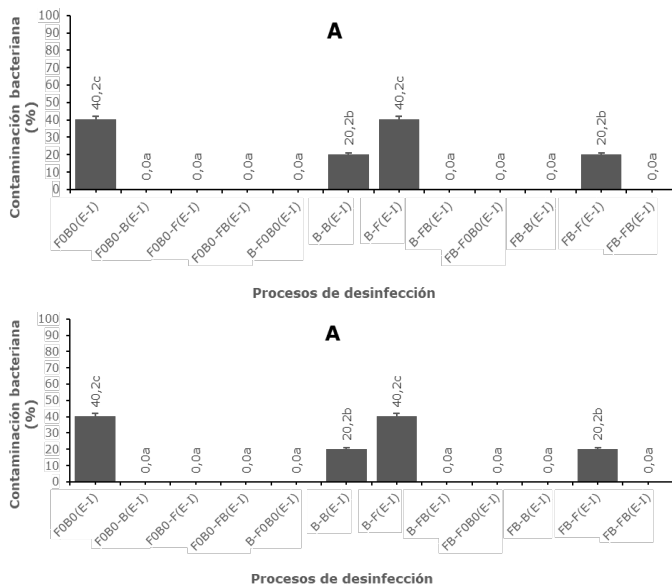
El diseño experimental que se empleó fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) con doce tratamientos de desinfección y cinco unidades experimentales, confirmando un total de 60 unidades experimentales, las unidades experimentales fueron frascos de vidrio de 100 ml de capacidad graduados de tapa azul en donde se colocaron los ápices meristemáticos y donde se aplicaron los diferentes procesos de desinfección. Se observó normalidad de datos (verificada con el test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (verificada con el test de Levene). Las variables dependientes: Contaminación bacteriana, contaminación fúngica, fenolización y respuesta de los ápices a los 21 días. Cuando cumplieron estos postulados, fueron objeto de la prueba de Duncan. Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente con el paquete estadístico IBM SPSS versión 27 para Windows 10 y se utilizó una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta de ápices meristemáticos a patógenos

La contaminación bacteriana (Figura 4A) estuvo ausente en la mayoría de las desinfecciones y se limitó a F0B0 (E-I), B-B (E-I), y FB-F (E-I) con un 20% de contaminación y B-F (E-I) con 40%, lo que se puede atribuir a la resistencia de las bacterias. La contaminación fúngica (Figura 4B) en el medio de cultivo se presentó en F0B0 (E-I), F0B0-F (E-I) y B-F0B0 (E-I) un 20% de contaminación, puede deber a la total ausencia de fungicida *ex vitro* e *in vitro* con excepción de E3. La falta fungicida *ex vitro* pudiera eliminar a los hongos sobrevivientes en el tejido.

Figura 4: Establecimiento *in vitro* de plátano Dominicó y la respuesta ante la contaminación bacteriana (A) y fúngica (B) en porcentaje. **F0B0** desinfección sin fungicida ni bactericida; **F0B** es desinfección solo con bactericida; **FBO** desinfección solo con fungicida; **FB** desinfección con fungicida y bactericida; **(E)** Procedimiento *ex vitro*; **(I)** procedimiento *in vitro*



Sanes (2002) menciona que la proliferación de microorganismos contaminantes en los medios de cultivo se puede observar a partir de los cinco días del establecimiento de los ápices lo cual guarda relación con los establecimientos realizados (Sanes, 2002). Los explantes con proliferación bacteriana, expresan necrosamiento del tejido externo, aislándolo del contacto con el medio de cultivo, mientras que alrededor se forma una lámina blanquecina o crema, el procedimiento a seguir es eliminar o descartar el material vegetal. La contaminación bacteriana es más severa debido a su detección en el establecimiento, permanece inactiva dentro de la célula vegetal e incluso transfiriéndose a los primeros subcultivos de multiplicación (Sandoval, et. al, 1991; Díaz et al., 2016).

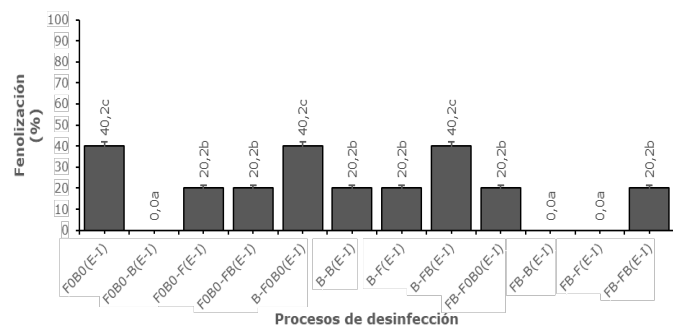
La contaminación fúngica por otra parte es fácilmente detectable en cada una de las fases *in vitro* y por lo general su causa refiere a una inadecuada desinfección del

material vegetal y manipulación de la asepsia en el área de cámara de flujo laminar (Díaz et al., 2016). De acuerdo con Díaz et al (2022) en su trabajo de identificación de agentes contaminantes en musáceas mediante la tinción de Gram., determinó que los géneros de hongos más presentes en el tejido de los explantes y son resistentes a la desinfección son *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y bacterias Gram negativas (Díaz et al., 2022). El establecimiento es la primera fase del cultivo *in vitro* la cual se enfoca en la transición de material vegetal o explantes *in situ* a *in vitro*, para ello se deben emplear desinfectantes en concentraciones y tiempo de exposición óptimos, para evitar la proliferación de microbiana y sin que esta se convierte en un posible agente que aumente su estrés fisiológico y así la producción de fenoles (López et al., 2015).

Respuesta de ápices meristemáticos y la producción fenoles

La producción fenoles (Figura 5) está presente de fenoles en cada proceso de desinfección F0B0(E-I), B-F0B0(E-I), y B-FB(E-I) con un 40% y F0B0-F(E-I), F0B0-FB(E-I), B-B(E-I), B-F(E-I), FB-F0B0(E-I), y FB-FB(E-I) con 20% de ápices fenolizados, se exceptuó F0B0 (E-I), FB-B (E-I) y FB-F (E-I), la producción de estos compuestos son un mecanismo de defensa antes el estrés puede atribuirse a los cortes y exposición a los diferentes tratamientos de desinfección. Lo cual a su vez destaca la necesidad de adicionar compuestos antioxidantes al medio de cultivo y durante su procesamiento *ex vitro*.

Figura 5: Establecimiento *in vitro* de P. Dominicó y la respuesta ante la fenolización en porcentaje. **F0B0** desinfección sin fungicida ni bactericida; **F0B0** desinfección sin fungicida ni bactericida; **F0B** es desinfección solo con bactericida; **FBO** desinfección solo con fungicida; **FB** desinfección con fungicida y bactericida; **(E)** refiere al procedimiento *ex vitro*; y la tetra **(I)** es el procedimiento *in vitro*



La fenolización incrementó en la base del meristemo punto meristemático donde se encuentran células en constante división celular de tipo mitótica) con el transcurso de las semanas, a pesar de esto los explantes se mantenían medianamente viables, los fenoles son la respuesta de las enzimas como las polifenoloxidasas y tirosinasas que la sintetizan y liberan en el tejido junto a otras proteínas en forma de exudados cuando recibe una señal de herida o corte, esto con el fin de forma una barrera protectora contra agentes externos en consecuencia, dentro del proceso de establecimiento esto el disminuye crecimiento y la viabilidad de los explantes (Echenique y Mamani, 2021;

Ancasi et al., 2016 citando a Amiot et al., 1996 & Bray et al., 2000).

La de oxidación por efecto de los fenoles en la célula vegetal es la respuesta que se expresa en los primeros 7 días, a partir de las 72 h desde la siembra, y de forma progresiva estos mismos se convierten a la vez en fuertes agentes oxidantes hasta un punto de no retorno en donde el explante pierde su capacidad de regeneración, y empieza su senescencia. (Castro y Maradiaga, 2015). La presencia de fenoles se puede controlar con el empleo de agentes antioxidantes como un método preventivo, pese a esto de acuerdo a los resultados de cada establecimiento que esto puede que no se cumpla como regla general y dependa en específico de cultivar o híbrido que se manipule (Echenique y Mamani, 2021).

Así mismo Corozo et al (2021) señalan que una alternativa de uso de agentes antioxidantes es el carbón activado como un soporte inhibitorio de la oxidación de los fenoles, que ha registrado resultados positivos, y en específico problemas de oxidación asociados al cultivo *in vitro* de musáceas (Corozo et al., 2021; Díaz et al., 2016).

Respuesta de ápices meristemáticos al proceso de desinfección

En la Figura 6 la respuesta de los ápices meristemáticos se clasifica como ápices activos e inactivos, también denominados ápices sobrevivientes y ápices sin respuesta *in vitro*. Los procesos de desinfección que sobresalen en porcentaje de sobrevivencia son E10 (FB (E) – F0B (I)) y E11 (FB (E) – FB (I)) con un 80% cada uno. Pese a esto los ápices evidencian una baja capacidad de regeneración, su coloración es crema y su muerte celular es inminente, mientras que los ápices meristemáticos E2 (F0B0 (E) – F0B (I)) tuvieron apenas 20% de ápices activos que cuentan con una coloración verdusca luego de los primeros siete días del establecimiento hasta los 28 días, luego de estos ápices empiezan a perder su totipotencia.

Figura 6: Establecimiento *in vitro* de plátano Dominicó y la respuesta de los ápices inactivos y activos en porcentaje. **F0B0** desinfección sin fungicida ni bactericida; **F0B** es desinfección solo con bactericida; **F0** desinfección solo con fungicida; **FB** desinfección con fungicida y bactericida; **(E)** refiere al procedimiento *ex vitro*; y la tetra **(I)** es el procedimiento *in vitro*

Para que el establecimiento sea óptimo es necesario prevenir la contaminación microbiana y la fenolización que oxida la célula vegetal, los cuales destacan como los dos principales problemas en el cultivo *in vitro* (Hernández & González, 2010). Esto se contrarresta con la desinfección *ex vitro* (mediante NaClO y temperatura) además de que el medio de cultivo debe contener agentes antioxidantes (como: Ácido ascórbico y L-cisteína) junto con un adecuado estímulo suplementado con reguladores de crecimiento (BAP y AIA), así como lo declara Ancasi et al (2016) con esto se asegura la sobrevivencia y proliferación de los explantes (Ancasi et al., 2016; Osorio, 2019). Orlando (2020) afirma que los procesos de cultivo *in vitro* desde el establecimiento hasta el enraizamiento o elongación se propician debido a la totipotencia o capacidad

de regeneración que poseen las células del ápice meristemático (Olmos et al., 2010).

Para esto Velazco (2019) también destaca que el tamaño del explante en los medios de cultivo como es un factor que juega un rol crucial, debido a que entre menor sea su tamaño, menor será su capacidad de regenerarse, una menor cantidad de células entran en un estrés fisiológico causado por la acción del desinfectante y el manejo en la cámara de flujo laminar, por lo cual producirá felones que a su vez al oxidarse impedirán el contacto del ápice con el medio de cultivo. Lo cual no corrobora Brochero y De la Pava (2012) en su trabajo de investigación, estandarizado en 5 mm el tamaño final del explante por su respuesta *in vitro* (Velazco, 2019; Brochero y De la Pava, 2012).

CONCLUSIONES

La actividad de los ápices meristemáticos en las desinfecciones FB-B (E-I) y FB-F (E-I) sobresalió del resto con un 80% de actividad. Por otra parte, F0B0-B (E-I) al expresar una mejor calidad del ápice por su coloración y la proliferación de la dominancia apical a los 28 días puede considerarse el mejor proceso de desinfección para la fase de establecimiento *in vitro*.

La contaminación por bacterias representa una pérdida significativa del material vegetal a diferencia de la contaminación por hongos. La mayor pérdida de ápices meristemáticos o explantes se debe a la presencia de fenoles y la inactividad de los mismos en cada proceso de desinfección, de esta manera el estrés oxidativo causado por el manejo y la capacidad de regeneración de los ápices son los principales factores a considerar para el adecuado establecimiento *in vitro* de plátano clon Dominicó.

La respuesta de los ápices meristemáticos activos o ápices sobrevivientes es visible mediante su coloración verdusca a partir de la primera semana del establecimiento hasta los 28 días, luego de estos ápices empieza a disminuir su totipotencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancasi-Espejo, R. G., Montero-Tonconi, J. R., Ferreira-Castedo, N. J., & Muñoz-Guzmán, I. (2016). Determinación un mejor medio de cultivo en la fase de establecimiento para la propagación *in vitro* de plátano (*Musa paradisiaca* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 7(2), 104–111. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942016000200008&script=sci_abstract&tlng=pt
- Arbeláez, L. M. A., Montoya, J. L., & Saavedra, S. A. R. (2016). *Evaluación de protocolos para el establecimiento y desinfección in vitro de meristemas de plátano musa spp*/Assessment protocols for the establishment and disinfection *in vitro* meristem of banana *Musa spp.* *Vitae*, 23, S391. <https://www.proquest.com/openview/a13dc47d98b3250c19ee0113be113084/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>

- Brochero Bustamante, C., & Soares, N. (2012). *Estandarización de las etapas de establecimiento y multiplicación in vitro de plátano musa balbisiana variedad curare enano para la construcción de un protocolo de micropropagación*. <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/1371>
- Castro, E., & Maradiaga, E. (2015). Micropropagación tradicional y en Biorreactores Económicos de Inmersión Temporal del cultivar de plátano (*Musa spp.*) Tesis. CEMSA. Universidad Nacional Agraria <https://repositorio.una.edu.ni/3282/>
- Corozo Quiñonez, L., Macías Ponce, F., Del Valle Moreira, M. et al. (2021) Effect of Auxins, Cytokinin and Activated Charcoal on In Vitro Propagation of Plantains Barraganete and Curare (*Musa AAB*). *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.* 91, 431–440. <https://doi.org/10.1007/s40011-020-01218-7>
- Cruz-Rosero, Nicolás, Canchignia-Martínez, Hayron, Morante-Carriel, Jaime, Nieto-Rodríguez, Enrique, Cruz-Rosero, Edwin, & Cabrera-Casanova, Daniela. (2016). *In vitro propagation of the Orito banana cultivar (Musa acuminata AA)*. *Biotecnología Aplicada*, 33(4), 4201-4204. Recuperado en 21 de febrero de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-28522016000400001&lng=es&tlng=en
- Echenique-Quezada, M. A., & Mamani-Quisbert, M. F. (2021). Determinación del medio de cultivo para el establecimiento in vitro de banano (*Musa acuminata*) en la Estación Experimental Sapecho–Alto Beni: Marco Antonio Echenique Quezada, Mariela Filomena Mamani Quisbert. *Apthapi*, 7(3), 2247-2254. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/112/103>
- Dávila M. Guía técnica para el cultivo del plátano (*Musa sp.*) (1983). Estación Experimental” Dean Padgett B.” IICA Biblioteca Venezuela.
- Díaz Lezcano, M. I., Flor Benítez, B. A., Enciso Garay, C. R., & González Segnana, L. R. (2016). El carbón activado y las condiciones de oscuridad en la micropropagación de banana variedad Nanicão. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 140. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.55618>
- Díaz Lezcano, M. I., Pereira Báez, K. D., Benítez Vera, S. G., Brítez Moreira, J. R., Alegre, C. E., Duarte Ovejero, N. N., Mongelós Franco, J. Y., Mussi Cataldi, . C. E., & Batte Martínez, H. D. (2022). Identificación de agentes causales de la contaminación microbiana durante la micropropagación de *Musa spp.* *Steviana*, 13(2), 20–27. https://doi.org/10.56152/StevianaFacenV13N2A2_2021
- FAOSTAT, 2022. Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fernández, F.; Pico, J.; Avellán, B. (2021) “Guía para la Producción y Manejo Integrado del Cultivo de Plátano” 1era Ed. 2021. Guía N° 127. 28 páginas.
- Hernández, Y., & González, M. E. (2010). Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento in vitro de frutales perennes. *Cultivos Tropicales*, 31(4), 0–00. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362010000400015&script=sci_arttext&tlng=pt
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf
- López Vera, M. R., López Vera, T. M., Zevallos, B., Ramos, L. (2015) Protocolos de establecimiento y multiplicación in vitro de meristemas apicales en plátano Dominico Hartón (*musa sp.*) <http://sitios.esпам.edu.ec/sigloxxi/Ponencias/IV/ponencias/66.pdf>
- Mamani Quisbert, M. F. (2022). *Evaluación de métodos de desinfección y medios de cultivo en las fases de introducción y establecimiento In vitro del cultivo de banano (Musa sp. AAA)*. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/29077>
- Martinez, G. (2009). *Situación nacional de las Musáceas*. *Producción Agropecuaria*, 2(1), 31-44. <https://investigacion.unesur.edu.ve/index.php/rpa/article/view/40>
- Velasco Párraga, A. A. (2019). Efecto del tamaño del explante sobre la tasa de multiplicación de plantas in vitro de cultivares de plátano. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3834>
- Orlando, L. A. J. (2020). *Influencia de la altura del hijuelo sobre el vigor y regeneración de plántulas meristemáticas de plátano hartón (Musa AAB)* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR). https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LEMA%20ATIEN-CIE%20JEFFERSON%20ORLANDO_compressed.pdf
- Osorio, S. M. (2019). *Establecimiento in vitro de plátano (Musax paradisiaca L.) cv“Curaré enano”* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019).

Sanes Alvarez, S. C. (2002). *Establecimiento y micropropagación masiva "in vitro" de Musa Balbisiana (Híbrido FHIA-21), mediante el cultivo de meristemas apicales*. <https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/59>

Scocchi, Adriana; Rey, Hebe Yolanda; Conservación de Germoplasma in Vitro; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 2010; 369-375 <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/200102>

09

EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES APLICADOS EN EL SUELO DEL CULTIVO BANANO ORGÁNICO

EVALUATION OF THE SURVIVAL OF EFFICIENT MICROORGANISMS APPLIED IN THE SOIL OF THE ORGANIC BANANA CROP

Gustavo Leonel Jumbo Cabrera¹

E-mail: gjumbo5@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3807-6250>

Nashely Daytiana Velepucha Paredes¹

E-mail: nvelepuch1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3193-0652>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel Garcia Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Jumbo Cabrera, G. L., Velepucha Paredes, N. D., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. (2023). Evaluación de la supervivencia de Microorganismos eficientes aplicados en el suelo del cultivo Banano orgánico. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3),68-75. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El banano es una fruta importante, en la economía del Ecuador y de los demás países productores, por otra parte, uno de los aspectos fundamentales que se debe tener en cuenta, es el cuidado y protección del suelo donde se cultiva, siendo este principalmente afectado por el uso inadecuado y descontrolado de agroquímicos, que deterioran sus propiedades biológicas, fisicoquímicas y estructurales. Una alternativa práctica para su recuperación y conservación es la aplicación de microorganismos eficientes (ME). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la supervivencia de microorganismos eficientes aplicados en el suelo con cultivo de banano orgánico. El diseño experimental fue bloques completamente al azar, con tres tratamientos y un testigo, con 20 repeticiones cada uno. Los tratamientos estuvieron compuestos por: harina de hoja de guaba, harina de arroz, harina de maíz, harina de banano, melaza y ME. Las variables evaluadas fueron: presencia de microorganismos benéficos y patógenos, emisión foliar de la planta madre, emisión foliar del hijo retorno, diámetro de fuste, altura de hijo y porcentaje de raíces vivas. Los resultados indican que el T1 y T2 presentaron la mayor cantidad de microorganismos benéficos y mejores resultados en las demás variables.

Palabras clave:

Conservación, microbiota, sustrato, suelo, trampa de arroz.

ABSTRACT

Banana is an important fruit, in the economy of Ecuador and other producing countries, on the other hand, one of the fundamental aspects that must be taken into account is the care and protection of the soil where it is grown, this being mainly affected due to the inappropriate and uncontrolled use of agrochemicals, which deteriorate their biological, physicochemical and structural properties. A practical alternative for its recovery and conservation is the application of efficient microorganisms (EM). The objective of this work was to evaluate the survival of efficient microorganisms applied in the soil with organic banana cultivation. The experimental design was completely randomized blocks, with three treatments and a control, with 20 repetitions each. The treatments were composed of: guaba leaf flour, rice flour, corn flour, banana flour, molasses and ME. The variables evaluated were: presence of beneficial and pathogenic microorganisms, foliar emission from the mother plant, foliar emission from the return shoot, stem diameter, shoot height and percentage of live roots. The results indicate that T1 and T2 presented the highest number of beneficial microorganisms and better results in the other variables.

Key words:

Conservation, microbiota, substrate, soil, rice trap.

INTRODUCCIÓN

El banano es una fruta tropical crucial para la alimentación y la economía. de diferentes países, es cultivado en alrededor de 150 países a nivel mundial, el 18% de la producción global le pertenece a India (Galecio et al., 2020); y Ecuador se encuentra ubicado en el primer lugar como productor y exportador de banano premium de acuerdo a datos de la FAO.

Dentro del manejo que se da a la plantación de banano, uno de los aspectos fundamentales que se toma en cuenta es el cuidado y protección del suelo, por tal motivo, la aplicación de productos químicos tales como fertilizantes, se debe realizar de manera consciente para evitar efectos negativos (Alarcon et al., 2020). Pero, la aplicación excesiva de estos fertilizantes, no resulta sustentable porque no son amigables con el ambiente y tienen altos costos (Córdova et al., 2009). Una de las estrategias para evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos es el empleo de microorganismos eficientes (ME), multiplicados en medios de propagación y utilizados como enmiendas o biofertilizantes (Rondon et al., 2021).

Los microorganismos eficientes se producen a base de microorganismos que viven en el suelo en bajas poblaciones, mismos que se incrementan por inoculación artificial; son capaces de disponibilizar una parte importante de los elementos nutritivos que la planta necesita en su desarrollo, sin afectar el equilibrio biológico y mejoran la condición fisicoquímica del suelo (Alarcon et al., 2020). Además, promueven el reciclaje de nutrientes y son capaces de descomponer sustancias tóxicas como los pesticidas y producir moléculas orgánicas simples que las plantas pueden absorber (Torres et al., 2022).

La supervivencia de ME es crucial en la agricultura moderna, estos microorganismos benéficos pueden impulsar la producción de cultivos, mejorar la calidad del suelo y disminuir la necesidad de pesticidas y fertilizantes sintéticos (Tanya & Leiva, 2019). También, la supervivencia de ME está influenciado por una serie de factores, como la disponibilidad de nutrientes, la competencia con otros microorganismos y las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad. Por lo tanto, es importante entender cómo estos factores pueden afectar la supervivencia de los ME y cómo se pueden optimizar las condiciones para promover su crecimiento y colonización del suelo (Galecio et al., 2020).

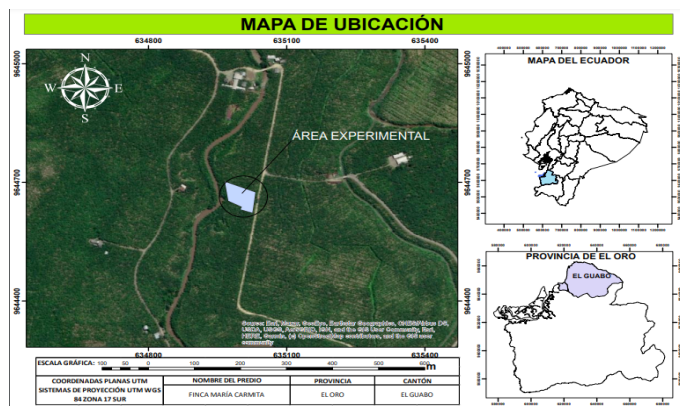
Los microorganismos de cada región están más adaptados localmente, facilitando el proceso de restauración de suelos vivos y degradados. Estos microorganismos obtienen alimento de la materia orgánica y durante su descomposición la reducen, liberando al medio ambiente pequeñas cantidades de compuestos, tales como: nutrientes, hormonas y vitaminas, que proporcionan alimento tanto a las propias comunidades microbianas como a plantas y animales (Chávez-Díaz, 2020).

En la actualidad existen casas de insumos agrícolas que comercializan microorganismos como biofertilizantes; pero se debe considerar diferentes aspectos para obtener rendimientos óptimos (Chávez-Díaz, 2020). Córdova et al., (2009) menciona que la efectividad de estos productos a base de microorganismos tiene un promedio bajo dependiendo de la zona y el tipo de cultivo, debido a que los microorganismos no se adaptan al lugar donde fueron aplicados; además es necesario que se incorpore un acolchado de materia orgánica ya que son fotosintéticos, de esta manera se garantiza la supervivencia y reproducción de estos microorganismos. Teniendo en cuenta la información mencionada el presente artículo tiene como objetivo evaluar la supervivencia de microorganismos eficientes aplicados en el suelo con cultivo de banano orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la finca María Carmita, sector la Mina perteneciente al cantón El Guabo, de la Provincia El Oro (Figura 1). El área de estudio presenta las siguientes coordenadas geográficas de latitud: 3°21'13,53" S y longitud: 79°78'55,58" O, con una superficie total de 26.01 ha.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



El material vegetal utilizado fue el Clon Cavendish Gigante, se seleccionó 200 plantas (+3 m), ocupando un área de 3009,65 m². El diseño experimental fue completamente aleatorio con dos factores de estudio: primer factor los tres tratamientos y el segundo factor las dosificaciones, cada dosis con 20 repeticiones y 1 testigo con 20 repeticiones (Tabla 1). El trabajo de campo se realizó desde enero de 2023 hasta julio de 2023.

Tabla 1. Tratamientos que forman parte del estudio

Tratamientos	COMPOSICIÓN	Dosis (g)
T1	Harina de hoja de guaba + Harina de arroz + Melaza + Microorganismo Eficientes (ME)	50-100-150
T2	Harina de hoja de guaba + Harina de maíz + Melaza + ME	50-100-150

T3	Harina de hoja de guaba + Harina de banano + Melaza + ME	50-100-150
Testigo	Sin adición de microorganismos	

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA

Sustratos utilizados para la propagación de microorganismos

Actualmente, hay una gran cantidad de residuos, pero el mundo usa solo una pequeña fracción, las otras causan contaminación ambiental; es fundamental planificar el uso de estos residuos de forma positiva elaborando diferentes productos como abono orgánico, sustrato de propagación, entre otros (Acevedo et al., 2017). Para esta investigación se elaboraron diferentes sustratos como:

Harina de hoja de Guaba (*Inga edulis M.*)

Se usó hoja de Guaba para la elaboración de harina, como principal componente común de los distintos sustratos, inicialmente se recolectaron hojas de guaba secas en el bosque de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Técnica de Machala, seguido se procedió a triturar en un molino eléctrico hasta obtener la harina. (Figura 2A)

Harina de Banano (*Musa x paradisiaca L.*)

Se aprovechó el rechazo de banano producido en la finca de estudio, cuya materia prima se procesó separando la cáscara de su pulpa, Se realizaron cortes diagonales en rodajas de 5 milímetros de espesor y se esparció en plástico limpio de 5x5 m, además, expuesto a secado natural (al sol) aproximadamente 7 días, dependiendo de las condiciones climáticas, para luego tritarlo mediante un molino eléctrico hasta obtener la harina. (Figura 2B)

Harina de Arroz (*Oryza sativa L.*) y Harina de Maíz (*Zea mays L.*)

Se obtuvo grano de arroz y maíz seco, se trituro mediante el uso de un molino eléctrico hasta obtener la harina de arroz (Figura 2C) y maíz (Figura 2D).

Figura 2. A) Harina de hoja de guaba. B) Harina de banano. C) Harina de arroz. D) Harina de maíz



Luego de la obtención de los diferentes tipos de harinas, se procedió a realizar la mezcla homogénea entre harina

de hoja guaba + harina de arroz, harina de hoja guaba + harina de banano, harina de hoja guaba + harina de maíz.

Captura de microorganismos

Para la recolección de microorganismos se establecieron trampas de arroz, distribuidos en tarrinas desechables cubiertas con gasas o medias nylon (Figura 3A), ya que su porosidad permite el paso de los agentes fúngicos, se ubicaron en distintas áreas (Figura 3B), facilitando su desarrollo. Después, de siete días se verificaron las trampas para confirmar la presencia de la población.

Macroscópicamente se observó coloraciones preponderantes de hongos, de manera recurrente se encontraron tinciones verdes, amarillo, blanco, anaranjados y rojos. Se seleccionaron microorganismos benéficos para la inoculación. (Figura 3C)

Figura 3. A) Llenado de trampa. B) Ubicación de trampa. C) Obtención de trampa con diferentes colores



Inoculación de ME autóctonos

Para la composición de los tratamientos se mezclaron 10 kg de harina de banano con 10 kg de harina de hoja de guaba, se adicionó melaza a la mezcla, con una relación de 1-10, en 10 litros de agua 1 litro de melaza, se mezclaron homogéneamente hasta obtener la consistencia deseada (Figura 4A). Este proceso fue repetitivo para los demás tratamientos, posteriormente a cada tratamiento se agregó 100 g de ME. (Figura 4B). Cada tratamiento debe reposar en recipientes herméticos, durante 21 días aproximadamente para su reproducción. (Figura 4C)

Figura 4. A) Mezcla de harinas. B) Aplicación de microorganismos. C) Sellado de recipiente



Observación de microorganismos

Inicia con la selección de granos de arroz, por color puro, posteriormente se siembra en placas Petri con un asa y pasarla por un mechero de alcohol, este procedimiento se realiza en la cámara de flujo laminar para evitar contaminaciones externas. Luego de cinco días se tomaron

muestras del crecimiento en placa con una cinta adhesiva y se colocaron sobre un portaobjeto con una gota de azul de lactofenol.

La observación se realizó en el microscopio EUROMEX con el lente de 40x, se capturaron imágenes con una cámara microscópica MD500 y mediante el software IMAGENFOCUS para poder tomar dimensiones de las estructuras fúngicas.

Identificación de microorganismos

Se realizó la apreciación de forma microscópica el color, forma y crecimiento en placa. La identificación taxonómica a nivel de género y/o especie se usaron claves taxonómicas como “Atlas of Clinically Important Fungi” escrita por Carmen Sciortino (2017), “Identification of Pathogenic Fungi” escrito por Colin Campbell, Elizabeth Johnson y David Warnock (2013), “Practical Handbook of the Biology and Molecular Diversity of *Trichoderma* Species from Tropical Regions” escrito por Shafiquzzaman Siddiquee (2017).

Aplicación de tratamientos

Para la aplicación se pesaron las siguientes dosis: 50, 100 y 150 g por cada tratamiento (Figura 5A). Las aplicaciones se realizaron cada mes con la ayuda de recipientes plásticos y balanza, luego se aplicó directo al suelo en forma de U frente a la planta madre y al hijo de sucesión, cubriendo la zona aplicada. (Figura 5B). Se observa presencia de ME. (Figura 5C)

Figura 5. A) Dosificaciones. B) Aplicación de tratamientos. C) Presencia de ME



Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

Presencia de microorganismos benéficos y fitopatógenos: Para esta variable se contabilizó las cepas encontradas antes y luego del experimento.

Emisión foliar de madre e hijo (EFM y EFH): La variable fue tomada cada semana y es el registro del crecimiento de la hoja cigarro o bandera.

Altura de hijo (AH): Fue medida con cinta métrica, desde la base del pseudotallo hasta el área foliar, donde se forma la V con la hoja bandera. Esta variable fue registrada cada semana en unidades de centímetros (cm).

Diámetro de Fuste (DF): Se midió con una cinta métrica, a la altura de 120 cm, la unidad de medida fue en cm y se registró los datos cada semana.

Raíces: Esta variable consistió en la realización de un muestreo de raíces, al inicio del experimento y al final, se identificó raíces sanas (%RS), enfermas (%RE) y secas (%Rse).

Análisis estadístico

Se empleó el software IBM SPSS Statistics versión 29, se desarrolló un análisis de varianza (ANOVA), en un diseño completamente aleatorio con dos factores de estudio. Se efectuaron pruebas de rango múltiples post hoc para determinar cómo se agrupan los datos entre sí, mediante Tukey con $p=0,05$ de nivel de significancia.

Se realizó una comparación de la cantidad de cepas de microorganismos encontrados en los tratamientos, muestreo de raíces, con el uso del software Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra el comportamiento de la variable número de cepas de microorganismos encontradas en los tratamientos al inicio y al final. Dentro de microorganismos benéficos se encuentra el género de *Trichoderma spp.* y *Beauveria spp.*, el tratamiento de arroz y maíz iniciaron con dos cepas y finalmente hubo la presencia de 3 cepas, mientras que para banano al finalizar hubo una cepa de *Trichoderma spp.* En el tratamiento de maíz se encontró *Beauveria spp.* En microorganismos fitopatógenos se encontró *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* y *Fusarium spp.*, en los tres tratamientos se aprecia la disminución de cepas de los hongos antes mencionados.

Tabla 2. Microorganismos encontrados en los tratamientos

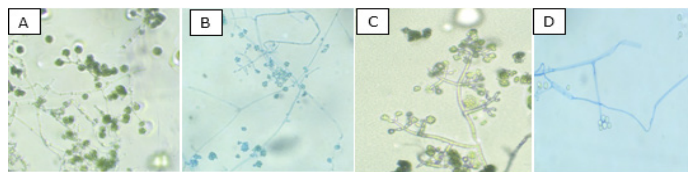
Microorganismos encontrados en las muestras de suelo al inicio y final de las aplicaciones	Tratamientos						
	Arroz		Maíz		Banano		
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
Benéficos	<i>Trichoderma spp.</i> P.	2	3	2	3	0	1
	<i>Beauveria bassiana</i> V.	0	0	1	1	0	0
Fitopatógenos	<i>Aspergillus spp.</i> P.	1	0	2	1	2	1
	<i>Penicillium spp.</i> L.	1	1	1	1	2	1
	<i>Fusarium spp.</i> L.	2	1	1	0	1	1

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6, se observa los microorganismos benéficos encontrados en los tratamientos 1 y 2, que corresponden a *Trichoderma harzanium* (Figura 6A) y *Trichoderma spp* (Figura 6B-C). Romero-Arenas et al., (2009) menciona que la coloración del micelio es blanca y eventualmente desarrolla un color verde oscuro después de la esporulación, *T. harzanium*. Macroscópicamente las colonias forman de 1 a 2 anillos con producción de conidios verdes en colonias maduras (Siddiquee, 2017). Se observa un color verde oliva y las puntas de los conidióforos presentan racimos globosos y conidios globosos ligeramente ovalados que pueden ser ramificados o no ramificados. Se utiliza para controlar patógenos de las plantas, además, pueden reproducirse de manera eficiente y sobrevivir en condiciones ambientales adversas para promover el crecimiento de las plantas (Savín-Molina et al., 2021).

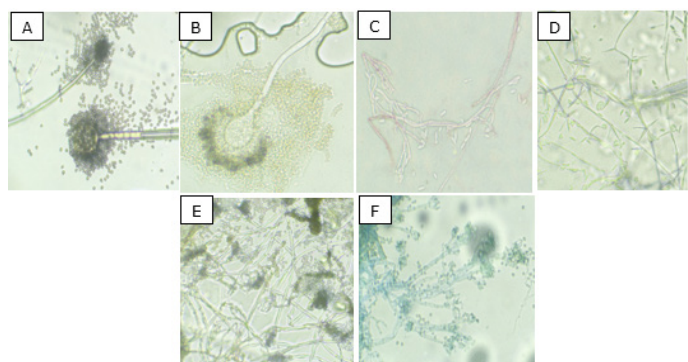
Beauveria bassiana se observa microscópicamente (Figura 6D), posee un color blanco algodonoso, se presenta de color amarillento pálido en las trampas; por ser un hongo entomopatígeno, ingresa al insecto, se desarrolla internamente y luego cubre el cuerpo del insecto con una capa de micelio y conidios, lo cual es muy importante para la agricultura como lo manifiesta (Ortiz, 2021).

Figura 6. Microorganismos benéficos observados con un lente de 40x.; A) *Trichoderma harzanium*. B) *Trichoderma spp*. C) *Trichoderma spp*. D) *Beauveria bassiana*



Se observa en la figura (7A-B) que *Aspergillus spp.* inicia con un micelio blanco algodonoso de crecimiento rápido, sus conidios tienen una estructura granular, algodonosa y esférica, tiene una coloración oscura, la base del conidióforo usualmente forma una "T" invertida (Salazar, 2012). De forma macroscópico se visualizó colores amarillos y marrón oscuro a negro. Son hongos que producen micotoxinas; son metabolitos secundarios que el hongo produce y secreta a medida que descompone la materia orgánica para protegerse de otros microorganismos (INSST, 2021).

Figura 7. Microorganismos patógenos observados con un lente de 40x.; A) *Aspergillus niger*. B) *Aspergillus flavus*. C) *Fusarium proliferatum*. D) *Fusarium oxysporum*. E) *Penicillium polonicur*. F) *Penicillium digitatum*



En la muestra se visualizó macronidios de *Fusarium proliferatum* (Figura 7C), de uno a cinco septos en forma de media luna, macroscópicamente el pigmento es blanco a melocotón o rosa salmón, que luego pasa a púrpura, mientras que *Fusarium oxysporum* (Figura 7D) presenta un color blanco a albaricoque pálido con un morado tintineo (Campbell & Johnson, 2013). El patógeno causa la pudrición de la raíz y el crecimiento de hongos en los rizomas y pseudotallos, lo que lleva a la muerte de los tejidos o de toda la planta (García-Velasco et al., 2021).

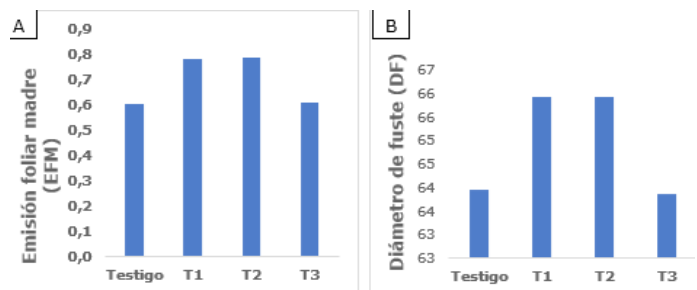
Las colonias de *Penicillium polonicur* y *Penicillium digitatum* (Figuras 7 E-F) presentan generalmente color verde, gris-verde, el reverso es amarillo y la superficie se muestra polvoriento o lanoso (Sciortino, 2017).

En los siguientes gráficos se presentan las medias de las variables EFM, DF, EFH y AH de los tratamientos y testigo, que fueron procesados en el software Excel.

Emisión foliar madre (EFM) y Diámetro de fuste (DF)

Se observa que la variable de EFM (Figura 8A), las mejores medias fueron, T1 y T2 con una media de 0,8 y las medias más bajas corresponden a T3 y testigo con un valor de 0,6. Con respecto a la variable DF (Figura 8B) las mejores medias fueron T1 y T2 presentando valores de 66 y el T3 y testigo presentan la misma media con 64.

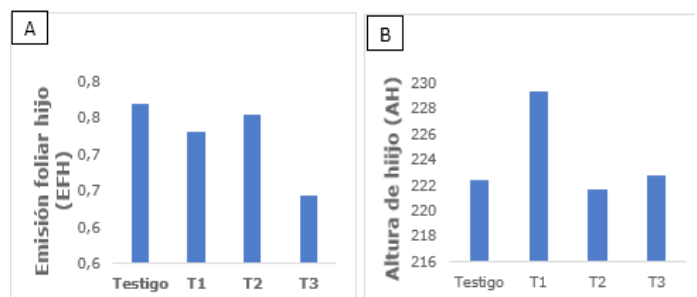
Figura 8. A) Medias de emisión foliar madre. B) Medias de diámetro de fuste



Emisión foliar hijo (EFH) y Altura de hijo (AH)

La variable EFH (Figura 9A), el T1 y T2 con un valor de 0,7 y 0,8 representan las mejores medias y la media más baja le corresponde al T3 con una media de 0,6. Mientras que para la variable AH (Figura 9B) el mejor resultado corresponde a T1 con 229 cm y el resultado más bajo lo obtuvo el testigo con 222 cm.

Figura 9. A) Medias de emisión foliar hijo. B) Medias de altura de hijo



En los siguientes gráficos se presentan los valores significativos de las variables EFM, DF, EFH y AH de los tratamientos, que se procesaron en el software SPSS.

La tabla 3 detalla que existen diferencias significativas entre las dosis de los tratamientos con respecto a las variables EFM, DF y EF, debido a que el nivel de significancia es menor a $p=0,005$, mientras que para la variable AH no hay diferencia significativa.

Tabla 3. Análisis de varianza factorial para determinar las posibles interacciones entre los tratamientos respecto a las variables con las diferentes dosis

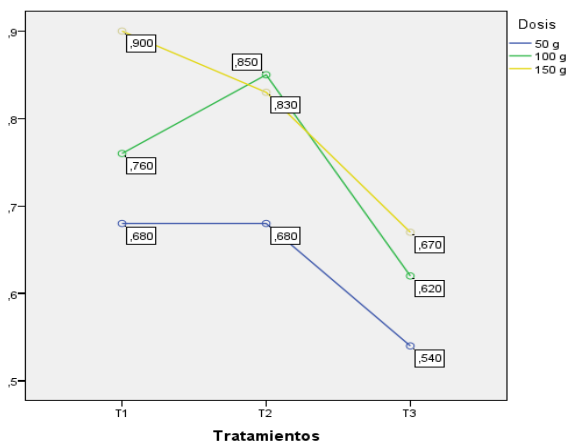
Variable dependiente	EFM	DF	EFH	AH
Sig.				
Tratamientos	0,001	0,009	0,002	0,677
Dosis	0,001	0,005	0,001	0,764
Tratamientos * Dosis	0,443	0,054	0,643	0,087

Fuente: Elaboración propia

Emisión foliar madre (EFM)

En la figura 10, el tratamiento que mostró el mejor resultado fue T1 con 0,90 hojas/semana con la dosis 150 g, seguido del tratamiento T2 con una media de 0,85 hojas/semana con 100 g y 0,83 con dosis de 150 g lo que expresa que existe homogeneidad, mientras que las medias más bajas corresponden al T3 con todas las dosis. Averos (2022) los microorganismos eficientes promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas al influir en la producción de metabolitos secundarios vinculados a la rizosfera de las plantas.

Figura 10. Gráficos de perfil de las medias de los tratamientos para la variable de emisión foliar de la madre con las diferentes dosis

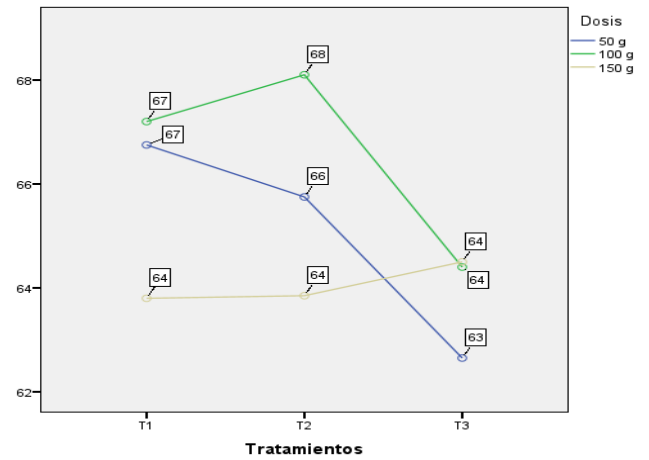


Diámetro de fuste (DF)

El tratamiento que mostró el mejor resultado fue T2 con 68 cm (Figura 11) seguido del T1 con media de 67 cm ambos con dosis de 100 g, en esta variable la media más baja lo reporta el T3 con un diámetro de fuste de 63 cm y

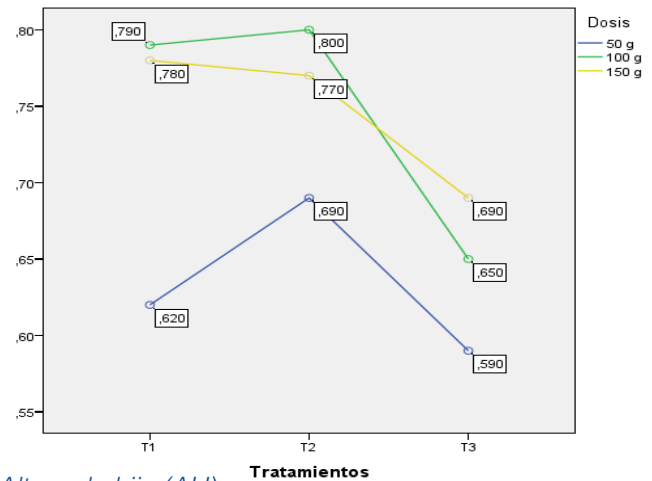
dosis de 50 g seguido de la media 64cm de los tres tratamientos con dosis de 50 g. La variable expuesta registró datos similares a los presentados por Molina (2022).

Figura 11. Gráficos de perfil de las medias de los tratamientos para la variable de diámetro de fuste con las diferentes dosis



Emisión foliar hijo (EFH)

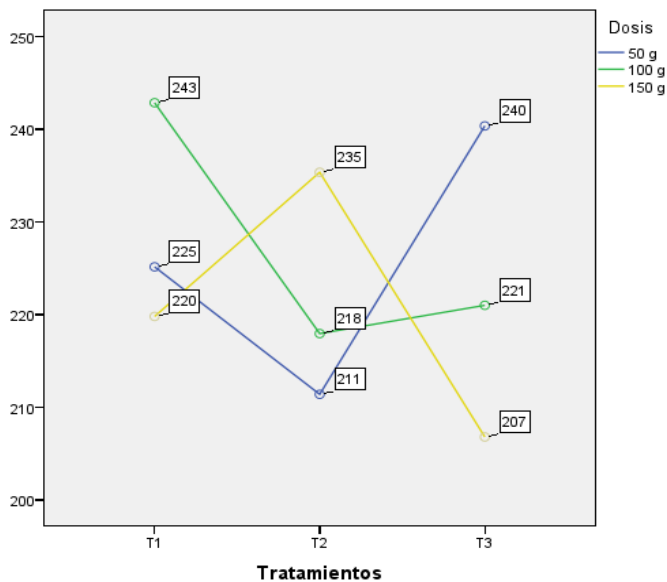
Se detallan las diferentes medias encontradas en los tratamientos (Figura 12), como resultado el T2 tuvo una media de 0,800 hojas/semana seguido de T1 con valores de 0,790 hojas/semana ambas con dosis de 100 g, por lo que, existe homogeneidad en estos resultados. Tuz (2018) expone que el uso de ME permite un mejor estado fitosanitario y una emisión foliar más uniforme, la media más baja es 0,590 hojas/semana corresponde a T3 con dosis de 50 g.



Altura de hijo (AH)

En la figura 13, evidencia que el T1 con dosis 100 g, obtuvo el mayor valor con 243 cm y el T3 presentó la media más baja de 207 cm con dosis de 150 g, estos valores fueron superiores a los obtenidos por Molina (2022), presentados en su investigación.

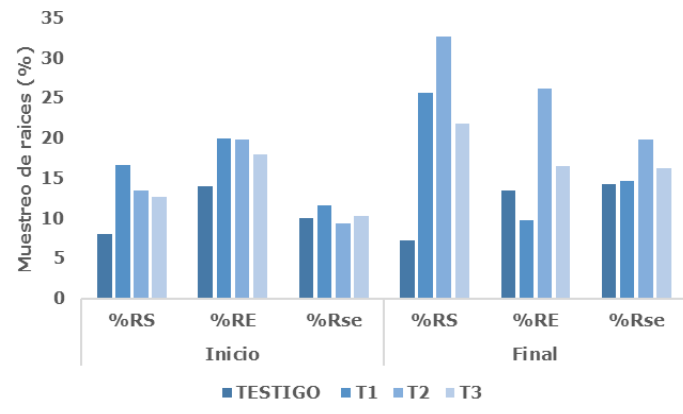
Figura 13. Gráficos de perfil de las medias de los tratamientos para la variable de altura de hijo con las diferentes dosis



Variable de raíces

La figura 14 muestra los resultados del porcentaje en el muestreo de raíces antes y al finalizar las aplicaciones, se demuestra que al inicio hubo mayor incidencia de raíces enfermas con un 20% en los tratamientos T1 y T2, mientras que al final presentó un aumento del 15% de raíces sanas en el T2.

Figura 14. Gráfico de barras de las medias de los porcentajes del muestreo de raíces



CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, en relación a la supervivencia de microorganismo eficientes muestra que los mejores tratamientos fueron T1 y T2, que presentaron mayor cantidad de los microorganismos benéficos como *Trichoderma spp.* y *Beauveria spp.* mejorando el desarrollo de la planta. Para obtener la supervivencia de los microorganismos eficientes después de ser aplicados, se debe implementar

un acolchado o una capa de materia orgánica debido a la fotosensibilidad de estos microorganismos.

La variable emisión foliar madre (EFM), el T1 con 150 g y T2 con 100 g presentaron los mejores resultados, para los parámetros diámetro de fuste (DF), emisión foliar hijo (EFH) los mejores resultados fueron T1 y T2 con 100 g y finalmente con relación a la variable altura de hijo (AH) el mejor fue T1 con 100 g.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Peralta, A. I., Leos Rodríguez, J. A., Figueroa Viramontes, U., & Romo Lozano, J. L. (2017). Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. *Acta Universitaria*, 27(4), 3–12. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1270>
- Alarcon Camacho, J., Recharte Pineda, D., Yanqui Díaz, F., Moreno LLacza, S., & Buendía Molina, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 67-73. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000100067&script=sci_arttext#:~:text=Los%20Microorganismos%20Eficientes%20\(EM\)%2C,Luna%20y%20Mesa%2C%202017\).](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000100067&script=sci_arttext#:~:text=Los%20Microorganismos%20Eficientes%20(EM)%2C,Luna%20y%20Mesa%2C%202017).)
- Averos Pinos, G. A. (2022). Influencia de microorganismos eficientes en la producción del cultivo de banano (*Musa AAA*) en el Ecuador. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11345/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000188.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campbell, C., Johnson, E., & Warnock, D. W. (Eds.). (2013). Identification of pathogenic fungi. Wiley-Blackwell. ISBN:9781444330700, eISBN:9781118520055, paginas 129-200. <https://doi.org/10.1002/9781118520055>
- Chávez Díaz, I. F. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro-biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1423-1436. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000601423
- Córdova Bautista, Y., Rivera Cruz, M., Ferrera Cerrato, R., Obrador Olán, J., & Córdova Ávalos, V. (2009). Detección de bacterias benéficas en suelo con banano (*Musa AAA* Simmonds) cultivar 'Gran enano' y su potencial para integrar un biofertilizante. *Universidad y Ciencia*, 253-265. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000300007

- Galecio Julca, M., León Huamán, K., & Aguilar Ancocota, R. (2020). Efecto de fuentes orgánicas y microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de banano orgánico (*Musa spp. L.*). *Manglar*, 301-306. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/195/332>
- García Velasco, Rómulo, Portal-González, Nayanci, Santos-Bermúdez, Ramón, Rodríguez-García, Armando, & Companioni-González, Barbarita. (2021). Mejoramiento genético para la resistencia a marchitez por *Fusarium* en banano. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(1), 122-146. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2008-2>
- INSST. (2021). *Aspergillus spp.* Portal INSST. <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/aspergillus-spp>
- Molina Yépez, Katuska Carolina. (2022). Efecto del riego deficitario por aspersión sobre el comportamiento biofísico de la etapa vegetativa del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad William. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. 85 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ca2d612f-8cd7-4328-b1fd-ff-d5c9d5441b/content>
- Ortiz Villacís, J. A. (2021). Aislamiento y caracterización de hongos entomopatógenos presentes en el suelo de las diferentes zonas agrícolas de la Provincia de Tungurahua. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. 75 p. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33664/1/BQ%20285.pdf>
- Romero-Arenas, Omar, Huerta Lara, Manuel, Damián Huato, Miguel Angel, Domínguez Hernández, Francisco, & Arellano Victoria, Daniel Alfonso. (2009). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(2), 143-151. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752009000200015&lng=en&tlng=es.
- Rondon, T., Hernandez, R., & Guzman, M. (2021). Soil organic carbon, physical fractions of the macro-organic matter, and soil stability relationship in lacustrine soils under banana crop. *Plos one*. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254121>
- Salazar, C. L., & Rua, Álvaro L. (2014). Características morfológicas microscópicas de especies de *Aspergillus* asociadas a infecciones en humanos. *Hechos Microbiológicos*, 3(2), 93–96. <https://doi.org/10.17533/udea.hm.18741>
- Savín-Molina, Jonathan, Hernández-Montiel, Luis Guillermo, Ceiro-Catasú, Wilson, Ávila-Quezada, Graciela Dolores, Palacios-Espinosa, Alejandro, Ruiz-Espinoza, Francisco Higinio, & Romero-Bastidas, Mirella. (2021). Caracterización morfológica y potencial de biocontrol de especies de *Trichoderma* aisladas de suelos del semiárido. *Revista mexicana de fitopatología*, 39(3), 435-451. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2106-7>
- Sciortino, C. V. (2017). Atlas of clinically important fungi (1 ra edicion.). John Wiley & Sons. ISBN 9781119069669, eISBN 9781119069720, paginas 1 - 25 <https://doi.org/10.1002/9781119069720.fmatter>
- Siddiquee, S. (2017). Practical handbook of the biology and molecular diversity of *Trichoderma* species from tropical regions (1 ra edicion.). Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-87907-9, eISBN 978-3-319-64946-7, paginas 11 - 102. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-64946-7>
- Tanya Morocho, Mariuxi, & Leiva-Mora, Michel. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93- 103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.
- Torres Pérez, J., Aguilar Jiménez, C., Vázquez Solís, H., Solís López, M., Gómez Padilla, E., & Aguilar Jiménez, J. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, 1-12. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/3500/4448>
- Tuz, I. (2018). Manejo integrado del cultivo de banano (*Musa x paradisiaca L.*) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. 91 p. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030_TRABAJODETITULACION.pdf

10

USO DE ESTUFAS DE COMBUSTIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE BANANO COMO MECANISMOS DE MITIGACIÓN

USE OF CONTROLLED COMBUSTION STOVES IN BANANA CULTIVATION AS MITIGATION MECHANISMS

Joselyn Verónica Lapo Alvarado¹

E-mail: jlapo6@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8494-1229>

Cesar Joel Rojas Hurtado¹

E-mail: crojas2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4112-4472>

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>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lapo Alvarado, J. V., Rojas Hurtado, C. J., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. (2023). Uso de Estufas de Combustión controlada en el cultivo de Banano como mecanismos de Mitigación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 76-81. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La obstrucción foliar en plantas de banano es un desorden fisiológico que genera anomalías en el racimo, afectando principalmente su peso y calidad de la fruta. Suele relacionarse con la deficiencia de C, K, Zn, Ca, exceso o deficiencia de radiación y alta humedad relativa. En el presente estudio se evaluó el efecto de estufas de combustión controlada en la mitigación de la obstrucción foliar, comparando su eficiencia al de un bioestimulante foliar a base de algas marinas, las aplicaciones se realizaron durante el desarrollo de sus etapas fenológicas. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos: T1-Estufas, T1-Foliar y T3-Testigo. Las variables evaluadas fueron: temperatura dentro de la plantación, emisión foliar, distancia entre peciolas y número de hojas. El T1 registró medias más altas en todas las variables, en cuanto a emisión foliar se observó homogeneidad en las medias de T2 y T3. El uso de estufas de combustión controlada en horas de la madrugada dentro de la plantación de banano muestra mejoras significativas en la emisión foliar y la distribución espacial de las hojas en las plantas de banano.

Palabras clave:

Fotorrespiración, emisión foliar, homogeneidad.

ABSTRACT

Leaf obstruction in banana plants is a physiological disorder that generates abnormalities in the bunch, mainly affecting its weight and fruit quality. It is usually related to the deficiency of C, K, Zn, Ca, excess or deficiency of radiation and high relative humidity. In the present study, the effect of controlled combustion stoves in mitigating foliar obstruction was evaluated, compared to the use of a foliar Biostimulant based on seaweed during the development of its phenological stages. A completely randomized block experimental design was carried out with three treatments: T1-Stoves, T1-Foliar and T3-Control. The variables evaluated were temperature within the plantation, foliar emission, distance between petioles and number of leaves. T1 recorded higher means in all variables; in terms of leaf emission, homogeneity was observed in the means of T2 and T3. The use of controlled combustion stoves in the early morning hours within the banana plantation shows significant improvements in foliar emission and spatial distribution of leaves in banana plants.

Keywords:

Photorespiration, foliar emission, homogeneity.

INTRODUCCIÓN

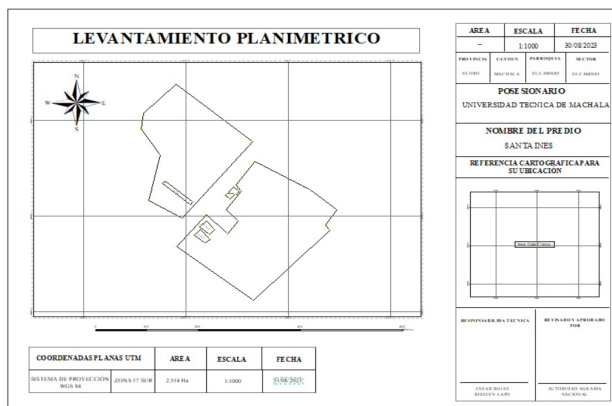
La producción bananera según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), es uno de los cultivos más rentables y extensos en América Latina y el Caribe, además es el principal rubro de ingresos económicos de exportación agrícola del Ecuador, su demanda se basa en la calidad, de esta forma se ha convertido en una fruta muy consumida en muchos países, debido a sus propiedades nutricionales (Zhiminaicela et al., 2021), constituidas principalmente por macro y micronutrientes, posee también propiedades Fito nutritivas y compuestos bioactivos que refuerzan la salud, es un sustento vital para las familias de la región costa del Ecuador, (Martínez y Rey, 2021). El banano es la base de la economía y dieta de muchos países, ocupa un lugar importante en la producción y comercio internacional, constituye la fruta más exportada y es representada en su mayoría por triploides AAA Cavendish, (Martínez y Rey, 2021). Ecuador eOina, en la mejora de la respuesta de los cultivos ante diversas formas de estrés. Se destaca la presencia de glicinabetaína, una molécula reconocida por sus propiedades antiestrés. El propósito de esta investigación tiene como fin mejorar el aporte de distancia entre peciolos de la planta de banano empleando un control de temperatura durante las horas más bajas en la madrugada para contrarrestar el nivel de arrepollamiento que ataca a este cultivo debido a las bajas temperaturas que se da en el mismo, problema que ha tenido mayor impacto en la producción bananera, tomando en cuenta los costos que origina las pérdidas que deja esta cantidad de plantas afectadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se llevó a cabo en la granja Santa Inés ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala en el km 5,5 vía al Cambio, parroquia El Cambio, provincia de El Oro. Geográficamente se encuentra en las coordenadas 3°17'26" S y 79°54'46.4" W UTM zona 17 S con una altitud de 6 msnm (Figura 1).

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



MATERIAL VEGETAL

El material vegetal seleccionado pertenece al clon Valery, en una plantación establecida de banano de más de 30 años, en la Granja Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cabe señalar que todas las plantas usadas para el ensayo presentaban problemas de arrepollamiento de leve a fuerte.

DISEÑO DE PROTOTIPO

Se construyeron varios prototipos de estufa de combustión controlada resistente al fuego y usando materiales reciclados, tal es el caso de las latas metálicas de pinturas, para lo cual se necesitaron 3 unidades soldadas con el fin de cumplir una altura que permita direccionar el calor hacia la plantas jóvenes (60 cm) ejecutando modificaciones en las mismas, con agujeros estratégicamente ubicados a 12 cm y 10 cm con un diámetro de 1cm, este último tiene como función permitir la entrada y salida de oxígeno (Figura 2) para que la llama se alimente hasta que el contenido sea consumido por completo.

Dentro de los componentes que integraron el combustible de las estufas se hallan: aserrín (viruta de madera), material orgánico cuya principal ventaja es su bajo costo y a su vez es de fácil uso para encender un fuego.

El Aceite vegetal reciclado de frituras, un compuesto orgánico (triglicérido) que se obtiene de diversas partes de la planta. Su idoneidad como fuente de combustible radica en las propiedades derivadas de su composición de ácidos grasos y lípidos, dichas características y sus implicaciones son un gran potencial como combustible orgánico, Navarro Reme, (2020). El aceite vegetal usado puede ser objeto de valorización material, mismo que produce otros materiales como impermeabilizantes, pinturas, tintas, fertilizantes o arcilla expandida.

Estos materiales fueron calculados de manera específica con respecto a su llenado por prototipo; se utilizaron 900 gr de aserrín junto con 530 ml de aceite vegetal reciclado, incluyendo 65 gr de parafina refinada para alargar la duración de la llama (2 horas aproximadamente), esta alcanza una altura de 1 metro y el calor que genera rodea de 3 a 4 metros en su entorno.

Figura 2. Prototipo de estufa de combustión controlada usada en el ensayo



DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El diseño experimental utilizado para evaluar la eficiencia del prototipo de estufa fue de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos (T1, T2, T3), con un total de 30 plantas por tratamiento (Tabla 1). El T1 consto de 20 estufas dispuestas en hileras a 3 metros de distancia cada una entre las plantas de banano y a un 1m de distancia de las plantas de banano, se encendían a las 3 am por dos horas o hasta agotar el combustible por completo, finalizando a las 5 am. El trabajo de campo contó con la aplicación de calor generado por las estufas prototipo se tuvo un total de 36 aplicaciones nocturnas de 2 a 3 horas, y comparado con el T2 que constaba de aplicaciones foliares de bioestimulantes a dosis de 1 litro*ha⁻¹ cada 15 días, 6 aplicaciones en un periodo de 11 semanas.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	caracterización
T1	Estufas
T2	Bioestimulante foliar
T3	Testigo

Fuente: *Elaboración propia*

MANEJO DEL ENSAYO

El ensayo se realizó dentro de la plantación de banano establecida con plantas de banano del clon Valery, en un área aproximada de 10.000 m² en condiciones homogéneas para evitar distorsión de los datos, las plantas estuvieron distribuidas en parcelas de 5 m de ancho por 30 m de largo, se seleccionaron tres parcelas al azar (bloques) para establecer los tratamiento y el testigo, dentro de cada bloque se eligieron 10 plantas en similares condiciones y estados fenológicos (plantas +2m) se etiquetaron y se evaluaron semanalmente durante 3 meses para la toma de datos de las variables analizadas. El encendido de las estufas prototipo se realizó en horas de la madrugada (Figura 3) con registros de temperaturas que oscilaban entre los 20° a 23° C respectivamente.

Figura 3. Estufas encendidas dentro de la plantación de banano en horas de la madrugada



El T2 consto de la aplicación foliar de Bioestimulante a base de algas marinas, con giberelinas y otros micronutrientes, enfocados a restar el estrés abiótico de las plantas de banano que presentaban obstrucción foliar. Se utilizó una dosis de 1 litro*ha⁻¹ aplicado con motobomba, tres aplicaciones, 1 cada mes. El T3 fue el testigo hacienda, donde las plantas recibieron lo planificado por el productor.

VARIABLES A EVALUAR

Temperatura ambiental (TA): se describe como el rango de temperatura del entorno según Ledesma, (2023) se evaluó cada día antes y después de la aplicación de las estufas.

Distancia entre peciolo (DEP): distanciamiento que existe entre hojas alternas, (Vargas et al., 2017) medida con una cinta métrica cada 8 días.

Número total de hojas a la aparición (NDH): se trata del número de hojas emitidas, (Vézina & Baena, 2020) se tomó registro de hojas cada 8 días.

Emisión Foliar (EF): descrito como registro de crecimiento de la hoja bandera, (Montaño, 2021) la toma de datos se llevó a cabo cada 8 días, iniciando una semana antes de la primera aplicación con la ayuda de una cinta métrica hasta tres días después de la última aplicación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó Análisis de Varianza (ANOVA), el cual se aplicó para examinar la influencia de un solo factor. Antes de proceder con este análisis, se verificaron dos supuestos importantes: la normalidad de los datos y la igualdad de las variabilidades entre los grupos. Paralelamente, con el objetivo de investigar diferencias significativas entre las medias de distintos grupos, se realizaron pruebas post hoc mediante el método de Tukey, con un nivel de significancia del 0,05%. La totalidad de los análisis se ejecutaron utilizando el software SPSS versión 25 de IBM, correspondiente al año 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 2) indican que no se han encontrado diferencias significativas en los promedios de las variables examinadas. Esto se refleja en el valor de significancia, el cual supera 0,05. El tener un aumento de 0.2 en la emisión foliar en banano es importante, porque tenemos más área foliar por semana, si eso es de forma constante, se puede mejorar la tasa de fotosíntesis y mejorar el llenado y calidad de los racimos, es recomendable seguir con la investigación para ver si con más días de aplicación de calor se logra ganar más emisión foliar y mejor distribución de las hojas, reduciendo el nivel de obstrucción foliar. En banano se considera que una emisión foliar normal está en 0.8 hoja por cada 7 días y el T1 uno lo presenta gracias a los efectos de las estufas-.

Tabla 2. Resultados del ANOVA en las variables de desarrollo

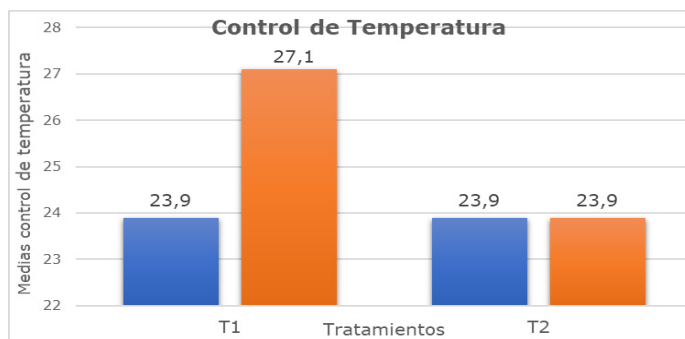
Tratamiento	EF	DEP	NDH
1	0,84	8,48	14,60
2	0,64	6,45	13,40
3	0,64	7,31	13,80
Sig. (0,05)	0,052	0,198	0,327

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se visualizan los valores de las medias en los tres tratamientos demostrando que no se han encontrado diferencias significativas.

Control de temperatura: los valores de temperatura registrados en la Figura 4 oscilan entre los 23°C a 25°C antes de encender las estufas de combustión (T1) con un incremento de hasta 4°C en 15 minutos después del encendido, llegando a valores de 27°C. El CO₂ que se produce con las estufas presente en el aire es esencial para la respiración de las plantas durante la noche. Aunque la fotosíntesis se detiene en la oscuridad debido a la falta de luz solar, la respiración continúa. Durante la respiración, las plantas de banano utilizan el oxígeno y liberan CO₂ mientras descomponen los carbohidratos y otros compuestos orgánicos para obtener energía y mantener sus procesos metabólicos. Este CO₂ producido por la planta se mezcla con el CO₂ ambiental circundante más el CO₂ producido por nuestras estufas para mejorar el equilibrio gaseoso adecuado. Por lo tanto, en resumen, el CO₂ presente en la atmósfera es esencial para el proceso de respiración de las plantas de banano durante la noche, ya que les proporciona el oxígeno necesario para su metabolismo. Según los autores Lambers, et al., (2008) y Flexas, et al., (2006), un aporte adicional de CO₂ asegura que la planta continúe funcionando y manteniendo su salud incluso cuando no hay luz solar disponible para la fotosíntesis

Figura 4. Comportamiento de la variable temperatura interna de la plantación

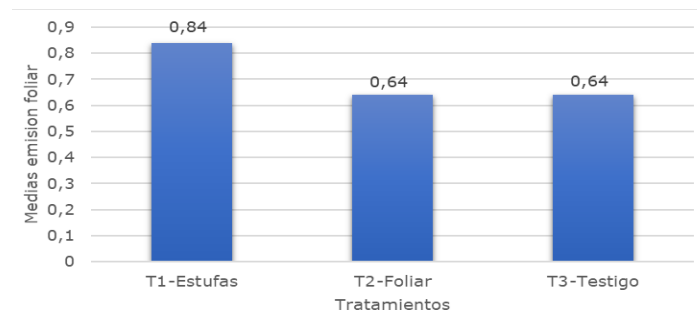


Emisión foliar: en relación con los diferentes tratamientos, los resultados son distintos en las medias. En esta variable predominó el Tratamiento 1 (T1-Estufas) con una media de 0,84 hojas/semana (Figura 5), demostrando la eficiencia de las estufas de combustión controlada para mejorar la emisión foliar en plantas de banano, por otro lado, las medias de los Tratamiento 2 (T2-Foliar) y

Tratamiento 3 (T3-Testigo) exhiben valores de las medias de 0,64, señalando una homogeneidad entre estos dos tratamientos que no son óptimos en el desarrollo de las plantas de banano, pudiéndose atribuir esta baja emisión foliar al fenómeno conocido como fotorrespiración en plantas C₃ a las que pertenece el banano, este es un proceso importante para la salud y el funcionamiento de estas plantas, pero tiene un costo en términos de energía y carbono, que causan retardo en su crecimiento y mal formación de inflorescencias y frutos. Puede ser considerada ineficiente desde el punto de vista de la producción de carbohidratos, ya que consume energía en lugar de generarla. Sin embargo, también es esencial para evitar la acumulación de productos tóxicos y mantener el equilibrio de carbono en la célula (Bauwe, et al., 2010).

La emisión foliar del T1 (0,84) resalta que en este tratamiento hubo mejor fotosíntesis y respiración gracias al incremento de temperatura y CO₂ por acción de las estufas prototipo. Esta media indica que las plantas sometidas al Tratamiento 1 (T1-Estufas) presentaron una tasa de emisión foliar superior. En contraste, los tratamientos T2 y T3 presentan tasas de emisión foliar bajas, sin diferencias entre estos.

Figura 5. Comportamiento de la variable emisión foliar

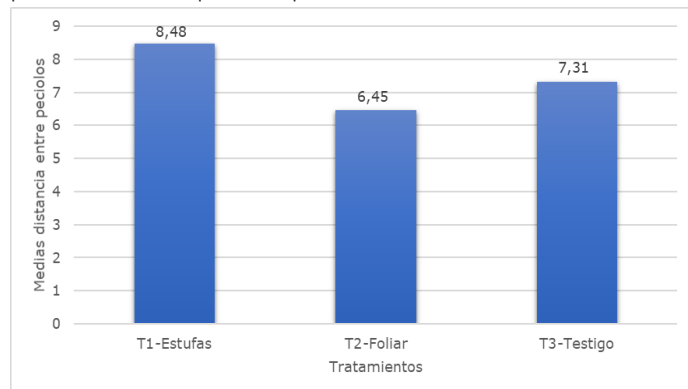


Distancia entre peciolo: se encontraron diferencias entre los tratamientos (Figura 6). Los resultados reflejan que el Tratamiento 1 (T1-Estufas) presenta una media de distancia entre peciolo de 8,48cm, mientras que el tratamiento T2-Foliar exhibe una media de 6,45 y el T3-Testigo una media de 7,31cm. Según Barrera et al., (2009) la disposición helicoidal y separación de las hojas de banano es una adaptación eficiente para maximizar la captación de luz solar y minimizar la sombra entre las hojas. La baja emisión foliar ocasionada por la obstrucción o arpeollamiento foliar, disminuye la posibilidad de que se desarrolle su correcta filotaxia espiral, ya que, al estar dispuestas de esta manera, las hojas pueden exponer una superficie máxima al sol para la fotosíntesis y evitar la obstrucción mutua de la luz. Además, esta disposición también permite que el agua de lluvia se escurra más fácilmente por el pseudotallo, lo que ayuda a prevenir la acumulación de agua en la base de la planta, lo que podría ser propicio para enfermedades y plagas.

Autores como Vargas et al., (2017) indican que la principal causa de la obstrucción foliar son las bajas temperaturas

produciendo un acortamiento entre peciolos. La mayor distancia entre peciolos en el T1 indica que el aumento de la temperatura en las horas más fría de la madrugada influyó en la separación de los peciolos en las plantas, debido al calor (CO₂) emitido por la combustión desarrollada de las estufas.

Figura 6. Comportamiento de la variable distancia entre peciolos en las plantas por tratamiento



Número de hojas: en los tratamientos, se observó que las medias varían entre ellos. T1-Estufas exhibe una media alta, con un promedio de 14,6 hojas, el T2-Foliar registra una media de 13,4 hojas, mientras que el T3-Testigo muestra una media de 13,8 hojas, tal como se muestran en la (Figura 7). Estos resultados coinciden con los expresados por Gowen, (2007) quien manifiesta que el número de hojas en un nivel dado del pseudotallo puede variar según la variedad de banano y las condiciones de crecimiento, pero generalmente suele haber alrededor de 12 a 20 hojas por nivel. Estas diferencias en las medias de hojas entre los tratamientos indican la existencia de variabilidad en la respuesta de las plantas ante las condiciones experimentales implementadas, lo cual señala que el uso de las estufas mejora la emisión foliar y el número de hojas por planta. La fotorrespiración es esencial en la planta, pues ayuda a facilitar la fotosíntesis y libera CO₂, (Turner et al., 2007) quienes señalan que la planta puede producir de 30 a 50 hojas o más pero solo se mantienen de 10 a 14 hojas fotosintéticamente activas fase fenológica en las plantas de banano especialmente antes y durante la floración y apertura de estas, hasta llegar a la cosecha.

Figura 7. Comportamiento de la variable de número de hojas por tratamiento

CONCLUSIONES

El uso de estufas de combustión controlada en plantaciones bananeras mostró resultados favorables en las variables de emisión foliar, distancia entre peciolos y número de hojas.

Los tratamientos evaluados demostraron que las variaciones de temperaturas ejercen una influencia significativa en el desarrollo de la planta, en relación a la problemática

de la obstrucción foliar en la planta de banano. El T1 resultó ser el mejor tratamiento en la mitigación de la obstrucción foliar con el uso de las estufas de combustión controlada en las plantaciones de banano

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, J. L., Cayón, G., & Robles, J. (2009). Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano 'Hartón' (Musa AAB Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100010
- Bauwe, H., Hagemann, M., & Fernie, A. (2010). Photorespiration: players, partners and origin. *Trends in Plant Science*, 15, 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.03.006>
- Domingues Lima, J., Mesczezen Drominiski, A., da Silva Rocha, C., Passos da Conceicao, M., Rozane Danilo, E., & Nardini Gomes, E. (2022). Arrepollamiento de banano asociado a variaciones climáticas y nutricionales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000300393&script=sci_arttext
- E. Torres, D. A. (2017). Basfoliar Frost Protect, una nueva herramienta para reducir los daños por heladas en frutales. *Fruticultura*(53), 44-53. https://www.researchgate.net/profile/Estanis-Torres/publication/314984260_BasfoliarR_Frost_Protect_una_nueva_herramienta_para_reducir_los_danos_por_heladas_en_frutales/links/5fa4141892851cc2869611cd/BasfoliarR-Frost-Protect-una-nueva-herramienta-para-redu
- Flexas, J., Bota, J., Galmés, J., Medrano, H., & Ribas Carbó, M. (2006). Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. *Physiología Plantarum*, 127, 343-352. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x>
- Guaman Holguin, H. N. (2023). Efecto de la fertilización inyectada y diferentes dosis de enraizantes en el cultivo de banano. *Agroecosistemas*, 11, 84-90. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/600>
- Lambers, H., Raven, J., Shaver, G., & Smith, S. (2008). Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in ecology and evolution*, 23, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.008>
- Ledesma, M. (2023). ¿Se usa un termómetro especial? Te decimos cómo se mide la temperatura ambiental en México. Milenio, pág. 1. <https://www.milenio.com/estados/como-se-mide-la-temperatura-ambiental>

- León Armijos, F. L., Espinoza Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H., & Quezada Campoverde, J. M. (2022). Análisis económico de la producción bananera orgánica y convencional de la Parroquia la Iberia. *Dialnet*, 7, Vol 7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8331431>
- Macaroff, A., & Herrera, S. (2022). Estado del banano en Ecuador. Quito, Ecuador: Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) Ecuador. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/19562-20220927.pdf>
- Martínez Solórzano Gustavo y Rey Brina, J. (2021). Bananas (Musa AAA): Importance, production and trade in Covid-19 times. *Agronomía Mesoamericana*, 32, 1034-1046. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>
- Montaño Jiménez, C. A. (2021). Emisión foliar con aplicación de microorganismos benéficos en el cultivo de banano Musa paradisiaca L. en el cantón Pasaje, provincia El Oro. [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/re-dug/53222>
- Navarro, E. R. (2022). Aceite vegetal. atida mifarma. <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/aceite-vegetal/>
- Panigrahi, N., Thompson, A., Zobelzu, S., & Knox, J. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae*. (Vol. 276:109735). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442382030563X?via>
- Turner, D., Fortescue, J., & Thomas, D. (2007). Environmental physiology of the bananas (Musa spp.). *SciELO*, 463-484. <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/w6fWfdQLYKrb-y3L5m6xnvMP/>
- Vargas Céspedes, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>
- Vézina, A., & Baena, M. (2020). Morfología de la planta del banano. *Promusa*, 12-16. <https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2021). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3, 189-195. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/327>

11

EFFECTO DE UN ENRAIZADOR ORGÁNICO A BASE DE AMINOÁCIDOS EN EL CULTIVO DE BANANO, CAVENDISH

EFFECT OF AN ORGANIC ROOTER BASED ON AMINO ACIDS ON THE BANANA CROP, CAVENDISH

Bryan Andrés Eugenio Domínguez¹

E-mail: beugenio1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4750-0807>

Cosme Jasmany León Jiménez¹

E-mail: cleon9@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6395-1435>

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, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Eugenio Domínguez, B. A., León Jiménez, C. J., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. (2023). Efecto de un Enraizador orgánico a base de Aminoácidos en el cultivo de Banano, Cavendish. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 82-88. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

La relevancia económica que representa el cultivo de banano en Ecuador y para distintos países productores, hace que sea fundamental buscar la innovación; especialmente cuando se trata de adoptar prácticas sostenibles para su producción. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de un enraizador orgánico a base de aminoácidos, sobre diversas variables durante las etapas fenológicas del cultivar. El diseño experimental totalmente aleatorio incluye cinco tratamientos, incluido el testigo y 15 repeticiones por cada tratamiento. Se utilizaron 2100 g de harina de banano, 1200 g de harina de carne, 2175 g de harina de huevo y 2025 g de harina de termitas, los cuales se distribuyeron en diferentes dosificaciones: T1 (75 g), T2 (100 g), T3 (150 g), T4 (175 g) y Testigo (TE 0,3 ml/l de basfoliar Kelp). Los parámetros evaluados son: altura de planta, fuste, emisión foliar y muestreo de raíz durante la aplicación. El T2 presentó mejores diferencias significativas en el crecimiento radicular, pero el T4 obtuvo buenos resultados en lo que respecta al desarrollo de la planta. En conclusión, la aplicación de un enraizador orgánico a base de aminoácidos en diferentes dosis resulta beneficioso para los parámetros de desarrollo y el sistema radicular del cultivo.

Palabras clave:

Fenología, muestreo, raíz.

ABSTRACT

The economic relevance that banana cultivation represents in Ecuador and for different producing countries makes it essential to seek innovation; especially when it comes to adopting sustainable practices for its production. The objective of the study was to evaluate the effects of an organic rooting agent based on amino acids on various variables during the phenological stages of the cultivar. The completely randomized experimental design includes five treatments, including the control and 15 repetitions for each treatment. 2100 g of banana flour, 1200 g of meat flour, 2175 g of egg flour and 2025 g of termite flour were used, which were distributed in different dosages: T1 (75 g), T2 (100 g), T3 (150 g), T4 (175 g) and Control (TE 0.3 ml/l of basfoliar Kelp). The parameters evaluated are: plant height, stem, foliar emission and root sampling during application. T2 presented better significant differences in root growth, but T4 obtained good results in terms of plant development. In conclusion, the application of an organic rooter based on amino acids in different doses is beneficial for the development parameters and the root system of the crop.

Keywords:

Phenology, sampling, root.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano es un producto estrella en el mundo, debido a que ayuda a incrementar el nivel socioeconómico de diferentes países que buscan elevar su estatus en los principales mercados (Rivera et al., 2023). En el Ecuador este cultivo conlleva varios procesos relacionados con su comercialización, es considerado el motor del sector agrícola del país, debido a que es el segundo mayor contribuyente al PIB, y ha traído cambios en su proceso productivo (Heredia, 2018). Por ende, se ubica entre los 10 países con mayor producción de *Musa x paradisiaca* (Avellán et al., 2020), lo que lo convierte, por su ubicación, en el país más apto para solventar las condiciones fisiológicas del cultivar, convirtiéndose en el primer exportador y segundo productor de fruta en el mundo (Pizarro, 2019).

La demanda global de esta fruta versátil y nutritiva ha impulsado a los productores a buscar métodos y tecnologías que mejoren la producción y calidad del fruto. Uno de los aspectos cruciales en el cultivo de banano es el desarrollo de un sistema radicular saludable, que influye directamente en el crecimiento vegetativo, la resistencia a enfermedades y la producción de frutos (Enríquez, 2021). Por ende, la utilización de enraizadores orgánicos ha emergido como una estrategia prometedora para mejorar el desarrollo de las raíces en el cultivo, estos enraizadores, compuestos por sustancias naturales y no sintéticas, tienen el potencial de estimular el crecimiento radicular y mejorar la absorción de nutrientes, contribuyendo así al incremento de productividad y la calidad del banano (FAO, 2019).

Durante los últimos años, se ha observado un aumento significativo en los problemas derivados del manejo incorrecto de agroquímicos, uno de los principales inconvenientes es la disminución del número de raíces sanas, lo cual afecta negativamente la productividad. Este deterioro a menudo es causado por la presencia de insectos y micro gusanos en el suelo. Para superar el problema de utilizar enraizantes comerciales que a menudo no cumplen con las expectativas deseadas (Jiménez, 2022), una vez conocidos los motivos, es necesario realizar pruebas de eficacia en campo con las diferentes dosificaciones del enraizador orgánico a base de harinas de banano, termitas, cáscara de huevo y carne, lo que permite superar este problema a un menor costo, obtener una buena formación del sistema radicular.

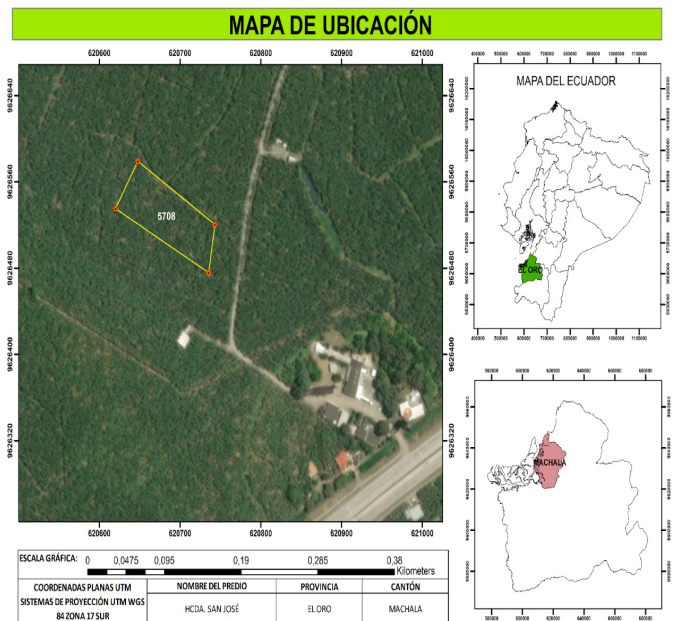
Los agricultores no solo se benefician de la adopción de enraizadores orgánicos en la producción de banano, sino que también el suelo y el agua se conservan al reducir la necesidad de fertilizantes y agroquímicos sintéticos (Osuna, 2014). Un enraizador orgánico a base aminoácidos derivados de fuentes naturales desarrollan en un 99% en tener raíces fuertes y saludables en las plantas, la aplicación de este tipo de producto edáfico ayuda a estimular la división celular, aumentar la absorción de nutrientes y mejorar la resistencia al estrés de las plantas (Reyes, 2020).

Este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la aplicación de un enraizador orgánico a base de aminoácidos con el proceso de harinas naturales para el cultivo de banano con dosis diferentes de las mismas. Se analizaron parámetros agronómicos en las primeras etapas de la fenología vegetal, como el crecimiento radicular, la altura, el fuste y la emisión foliar, con el propósito de evaluar la factibilidad y efectividad de la incorporación de este enraizador en el manejo del cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en la Hacienda “San José”, una propiedad privada de producción, que se encuentra en la vía Santa Rosa, parroquia El Retiro, cantón Machala, provincia de El Oro. Las coordenadas geográficas del área de estudio 3° 22' 49" S y 79° 54' 39" W. (Figura 1). La temperatura promedio en la zona es de 25 °C, y la precipitación media anual es de 427 mm.

Figura 1. Mapa de ubicación área de estudio



Material vegetal

El material vegetal utilizado fue del cultivar Grand Naine, subgrupo Cavendish, y se encontraba en la fase vegetativa al inicio del estudio. Se eligieron 5 plantas por terciaria (15), con un total de 75 plantas, en un área total de 5708 m². El diseño experimental aplicado fue bloque totalmente al azar, con cinco tratamientos incluyendo el testigo y 15 repeticiones por cada tratamiento, (Tablas 1 y 2). Es importante destacar que la investigación en terreno tuvo lugar desde febrero de 2023 hasta julio de 2023.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Composición	T1	T2	T3	T4
Harina de banano	10 g	40 g	30 g	60 g
Harina de carne	20 g	10 g	20 g	30 g
Harina de huevo	25 g	20 g	45 g	55 g
Harina de termitas	20 g	30 g	55 g	30 g
Repeticiones	15	15	15	15

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia en la tabla 1 la composición de los tratamientos por (harina de banano, harina de carne, harina de huevo, harina de termitas). Teniendo en cuenta, que presentan diferentes dosificaciones.

Tabla 2. Descripción del tratamiento testigo

Composición	TE
Nitrógeno	0,49 % p/v
Fósforo	0,87% p/v
Potasio	0,26% p/v
Auxinas	75 µg/l
Citoquininas	0,031 mg/l
Repeticiones	15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se muestra la composición del tratamiento testigo, el cual fue un producto que utilizaba la hacienda como estimulador radicular.

Metodología

Elaboración de un enraizador

Durante la preparación de los tratamientos, se emplearon diferentes cantidades de harina, incluyendo 2100 g de harina de banano, 1200 g de harina de carne, 2175 g de harina de huevo y 2025 g de harina de termitas. Estas cantidades se distribuyeron en distintas dosificaciones: T1 (75 g), T2 (100 g), T3 (150 g), T4 (175 g) y Testigo (TE 0,3 ml/l de basfoliar Kelp). Figuras (2A) y (2B).

Figura 2. Procesos de composición de harinas



2A Materiales utilizados para Tratamientos



2B Producción de harinas para la aplicación (termitas, carne, banano, huevos)

Aplicación de enraizador

Se realizaron aplicaciones mensuales y para su dosificación se utilizó una balanza, luego se aplicó el enraizador en forma de semiluna sobre el suelo en cada una de las unidades de estudio, como se muestra en la Figuras (3A) Y (3B). Según Valencia et al., (2022) “Las raíces juegan un papel vital al proporcionar estabilidad a la planta, debido a que se ancla al sustrato. Además, las raíces son responsables de facilitar la absorción, transporte y almacenamiento de los nutrientes presentes en el suelo”.

Figura 3. Dosificación y Aplicación del enraizador



3A Balanza utilizada en la investigación



3B Técnica semiluna utilizada en la investigación

Variables evaluadas

Variables de desarrollo

Emisión foliar (EF): Se obtuvo siguiendo el crecimiento de la hoja cigarro, tomando en cuenta que el registro se efectuó cada semana desde el inicio de la actividad en campo.

Altura de la planta (HP): Se realizó en la etapa reproductiva utilizando un flexómetro. Se mide desde la parte inferior del pseudotallo, hasta llegar a la intersección de las primeras hojas, se registró la medición en metros.

Fuste de la planta (FP): Cada semana se obtuvo el valor de la variable utilizando una cinta métrica, dado que la información se registró en centímetros.

Figura 4. Toma de datos de las variables



4A Emisión foliar



4B Altura de la planta



4C Fuste de la planta

En las figuras (4A), (4B) y (4C), se pueden observar las actividades que se llevaron a cabo durante la investigación.

Variables de raíces

Se realizó un muestreo para obtener los parámetros de raíces, teniendo en cuenta que se colocó a una distancia de 30 cm frente a la planta de estudio, y se excavó a una dimensión de 30 cm x 30 cm con una profundidad de 50 cm. Luego se recolectaron el mayor número posible de raíces, utilizando cinco plantas por tratamiento. Estas raíces se dividieron en secciones sanas, enfermas

y muertas, con la finalidad de determinar el porcentaje de raíces en cada tratamiento (Sánchez, 2010). A continuación, se mostrarán las actividades llevadas a cabo en la Figuras (5A), (5B), (5C) y (5D).

Porcentaje de raíces sanas (%RS): Es la proporción de raíces sanas con relación al total de raíces.

Porcentaje de raíces enfermas (%RE): Se define como la proporción entre el número de raíces enfermas con respecto al número total de raíces.

Porcentaje de raíces muertas (%RM): Se refiere a la proporción de raíces que no son funcionales para la planta, las cuales se obtuvieron en relación al total de raíces.

Figura 5. Muestreo y división de raíces por grupos



5A Muestreo de raíz



5B Raíces sanas



5C Raíces enfermas



5D Raíces muertas

Análisis estadístico

Se utilizaron los datos ingresados en el software SPSS versión 22, para llevar a cabo un análisis factorial de varianza con estadística descriptiva, teniendo en cuenta los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En cambio, se utilizó una prueba post hoc llamada T de Dunnett empleando un (0,05%), con la finalidad de identificar los subconjuntos homogéneos que no presentan similitudes entre ellos (IBM, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA nos indican diferencias significativas entre los grupos de emisión foliar, altura de la planta y fuste. Esto se puede apreciar en las Tablas 3 y 4. Los datos de raíces mostraron cambios significativos en el porcentaje de raíces sanas y enfermas, sin embargo, al mismo tiempo se observa que no hay diferencia en el porcentaje de raíces secas.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza en las variables de desarrollo

Tratamientos	EF	HP	FU
TE	0,83	3,82	66,05
T1	0,84	4,03	65,37
T2	0,89	4,02	66,77
T3	0,72	3,93	63,60
T4	0,91	4,22	72,57
Sig. (0,05)	0,044	0,015	0,017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resultados del ADEVA en las variables de raíces

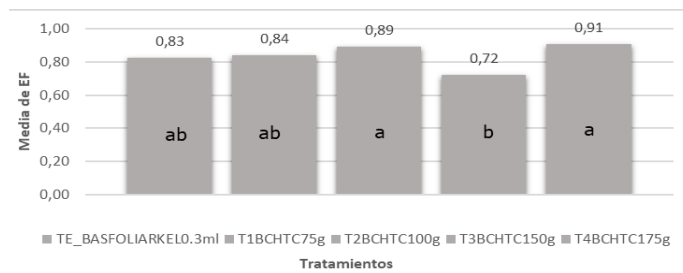
Tratamientos	PRS	PRE	PRSe
TE	35,82	40,79	23,39
T1	47,78	36,48	15,74
T2	57,74	20,34	21,93
T3	45,81	33,50	20,69
T4	46,14	34,20	19,66
Sig. (0,05)	0,000004	0,00002	0,271

Fuente: Elaboración propia

Emisión foliar: En esta variable se observó que el T4 BCHTC tuvo la media más alta, con 0,91 hojas/semana (Figura 6). Las medias más bajas correspondieron al T1 BCHTC (0,84 hojas/semana), T2 BCHTC (0,89 hojas/semana), T3 BCHTC (0,72 hojas/semana), TE BFK (0,83 hojas/semana). Estos resultados indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere una homogeneidad en cuanto al impacto en la variable evaluada. Van Oosten et al., (2017) plantean que al utilizar harinas naturales que obtienen aminoácidos sirven como

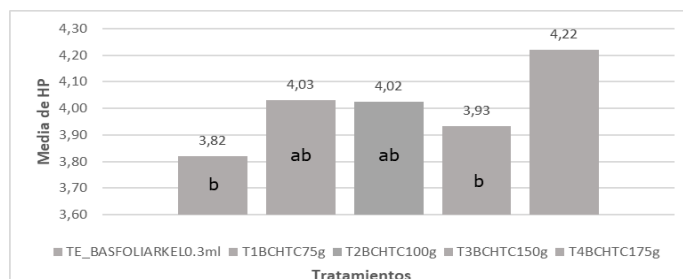
bioestimulantes de raíces con el fin de incrementar el desarrollo de las plantas.

Figura 6. Comportamiento de la variable emisión foliar



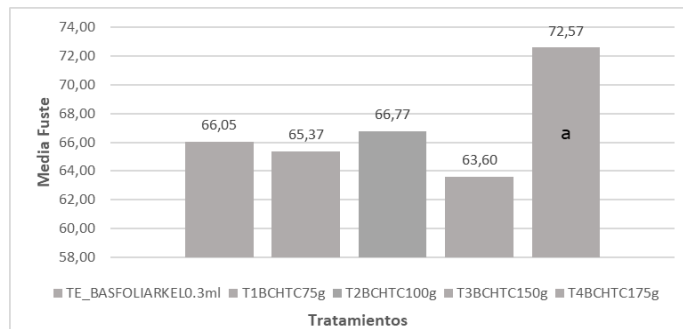
Altura de planta: En la Figura 7, se observó que el T4 BCHTC (4,22 m) mostró diferencia significativa entre tratamientos, mientras que el TE BFK (3,82 m) presentó el valor más bajo. Por otro lado, se encontró similitud estadística entre el T1 BCHTC (4,03 m) y T2 BCHTC (4,02 m). Además, se demostró que los tratamientos utilizados aumentaron la altura de las plantas en comparación con el testigo, lo cual coincide con los resultados de Gómez (2017) en su investigación.

Figura 7. Comportamiento de la variable altura de la planta



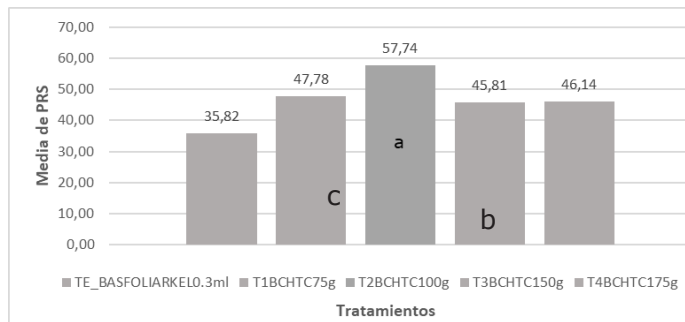
Fuste: Esta variable no evidenció diferencias significativas, sin embargo, se observó que el T4 BCHTC (72,57 cm) registra un mayor aumento, seguido del T2 BCHTC (66,77 cm) y el TE BSK (66,05 cm). En cambio, los tratamientos T1 BCHTC (65,37 cm) y T3 BCHTC (63,60 cm) tienen medias inferiores a comparación del TE BSK (66,05 cm) (Figuras 8).

Figura 8. Comportamiento de la variable fuste de la planta



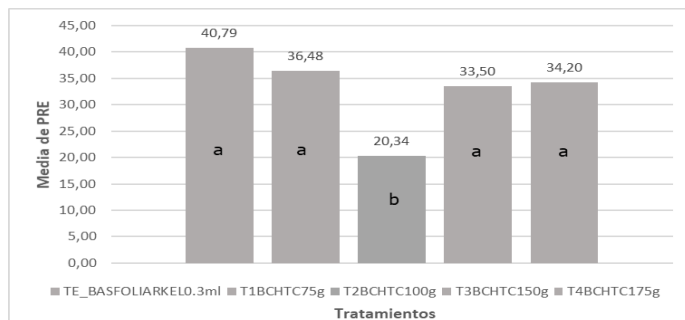
Porcentaje de raíces sanas: Los tratamientos mostraron diferencia significativa con un valor de 0,000004 (inferior a 0,05), teniendo un mayor porcentaje en el T2 BCHTC (57,74%), mientras que el TE BFK (35,82%) obtuvo un menor porcentaje en comparación a las dosificaciones empleadas por tratamientos, como se mostró en la (Figura 9). Seenivasan & Senthilnathan (2018) mostraron que al utilizar aminoácidos tiene efectos beneficiosos en la reducción de los daños ocasionados por nemátodos en las raíces, coinciden con nuestros resultados.

Figura 9. Comportamiento de la variable porcentaje de raíces sanas



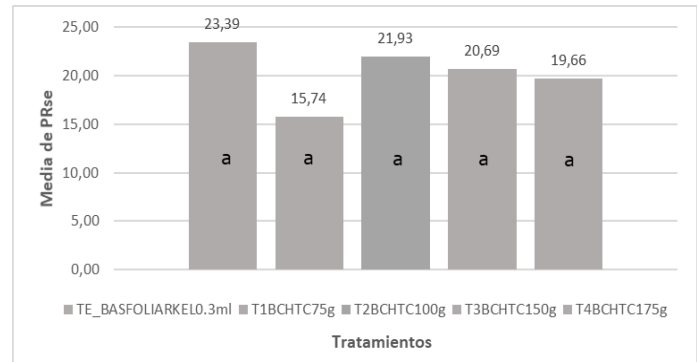
Porcentaje de raíces enfermas: Esta variable alcanzó un valor de 0,00002 (inferior a 0,05). Esto indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que las pruebas estadísticas revelaron que el tratamiento con menor índice de enfermedad en el sistema radicular es el T2 BHTC (20,34%), de forma que el resto de tratamientos mostraron un porcentaje significativo diferencial en comparación al TE BFK (40,79%), en el cual se evidenció un mayor porcentaje de raíces enfermas, tal como se mostrará en la (Figura 10). Resultados similares fueron obtenidos por Piedrahita (2011) en su estudio.

Figura 10. Comportamiento de la variable porcentaje de raíces enfermas



Porcentaje de raíces secas: A diferencia de las dos variables mencionadas anteriormente, el porcentaje de raíces secas obtuvo un valor de 0,271 (mayor a 0,05), tomando en cuenta que, los tratamientos no señalaron diferencias significativas. Según el análisis estadístico, se mostró que el T1 BHTC (15,74%) obtuvo un menor porcentaje de raíces secas en comparación del TE BFK (23,39%) (Figura 11).

Figura 11. Comportamiento de la variable porcentaje de raíces secas



CONCLUSIONES

El T2 demostró una mejora significativa en el sistema radicular, esto se debió a que la dosis de 100 g utilizadas contribuyó a elevar el porcentaje de raíces sanas del cultivo, aumentado la asimilación de los nutrientes esenciales para su crecimiento. El T4 (175 g) obtuvo mayores resultados en las variables de desarrollo (emisión foliar, altura de la planta y fuste). Sin embargo, en cuanto al porcentaje de raíces, no se observó diferencia significativa en comparación con el T2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avellán, L., Cobeña, N., Estévez, S., Zamora, P., Vivas, J., González, I., & Sánchez,
- A. (2020). Exportación Y Eficiencia Del Uso De Fósforo En Plátano 'Barraganete' (Musa paradisiaca L.). *Revista Fitosociología mexicana*, 25-33. doi:<https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.25>
- Castañeda Sánchez, D. A., Jaramillo, D. F., & Cotes Torres, J. M. (2010).
- Componentes de la variabilidad espacial en el manejo por sitio específico en banano. *Revista Scielo, Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 45(8), 836–845. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010000800009>
- Enríquez, E. (2021). Uso de bioestimulantes radicular como complemento a la fertilización en el cultivo de banano (Musa paradisiaca AAA), Guayas Ecuador, Guayaquil. <https://cia.uagrar.edu.ec/Archivos/ENRIQUEZ%20LE%20C3%93N%20EDDIE%20WILLIAM.pdf>
- FAO. (2019). Banana market review: Preliminary results. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=-CA7567EN%2f>
- Gómez Alvarado, J. A. (2017). Validación de soluciones nutritivas alternativas

- en el cultivo del plátano [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21564/1/G%3%b-3mez%20Alvarado%20Jes%3%bas%20Alberto.pdf>
- Heredia Toaquiza, E. L. (2018). Evolución de la agricultura sostenible y agricultura convencional en el caso de cultivo de Banano en Ecuador periodo 2014 - 2017. Universidade Federal da Integracao Latino-Americana (UNILA). <http://dspace.unila.edu.br/123456789/4295>
- IBM. (2023). One-Way ANOVA Post Hoc Tests IBM Documentation. <https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/saas?topic=anova-one-way-post-hoc-tests>
- Jiménez, E. (2022). Efecto De Enraizadores Orgánicos En Plántulas De Cacao (Theobroma cacao L.) en condiciones semicontroladas. Guayas Ecuador, Milagro. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JIMENEZ%20BUSTOS%20ERICKA%20LIS-BETH.pdf>
- Osuna, H. (2014). Manual de Propagación de Plantas Superiores. <https://www.innovacioneducativa.unam.mx:8443/jspui/handle/123456789/4848>
- Piedrahita, G., & Adrián, Ó. (2011). El nematodo barrenador (*radopholus similis* [cobb] thorne) del banano y plátano. *Luna Azul*, 33, 137–153. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742011000200012&script=sci_arttext
- Pizarro. (2019). *Efectos de los enraizadores en la velocidad del retorno en banano (musa x paradisiaca) clon Williams*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15162>
- Reyes, R., & Daniel, J. (2020). *Evaluación de la eficiencia de enraizadores en el incremento de la masa radical del banano (Musa AAA) y su efecto en las poblaciones de nemátodos*. Babahoyo: UTB,2020. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8431>
- Rivera-Acosta, J., & Xiuchuan, X. (2023). The impact of credit on agricultural productivity of Musaceae: evidence from Valle Del Cauca, Colombia. *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*, 76(1), 10135–10148. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472023000110135&lng=e&nrm=iso&lng=en
- Seenivasan, N., & Senthilnathan, S. (2018). Effect of humic acid on Meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood infecting banana (*Musa* spp.). *International Journal of Pest Management*, 64(2), 110–118. <https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1344743>
- Valencia-García, L. F., Bautista-Escutia, A. N., Preciado-Farías, A. C., Pérez-Preciado, R. A., & Chocote-co-Campos, J. A. (2022). Evaluación de Tres Enraizadores Comerciales en la Primera Etapa de Crecimiento Vegetativo de la Planta de Frambuesa. *Revista redalyc UAEMEX. Conciencia Tecnológica*, 63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94472192004>
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Magazine. Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

12

EFFECTOS DE ALTA DENSIDAD POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE PLÁTANO DOMINICO

EFFECTS OF HIGH POPULATION DENSITY ON THE DOMINICAN PLANTAIN CROP

Paola Elizabeth Saldarriaga Lapo¹

E-mail: psaldarri2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6524-4980>

Leidy Lisseth Pulla Marca¹

E-mail: lpulla1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6186-500X>

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>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Saldarriaga Lapo, P. E., Pulla Marca, L. L., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. (2023). Efectos de alta densidad poblacional en el Cultivo de Plátano Dominicano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 89-95. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El cultivo de plátano (*Musa AAB*) desempeña un rol fundamental en la economía y la seguridad alimentaria del país. Conforme la población continúa aumentando, se genera una alta demanda de este cultivo, lo que hace necesario explorar nuevas opciones de producción, una de estas alternativas es la implementación de alta densidad de siembra. El objetivo fue: evaluar los efectos de alta densidad en el cultivo de plátano dominico, utilizando dos tipos de semilla y diferentes tratamientos para su desarrollo. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos: T1 (30 g de silicio, 20 g de biocarbón, 5 cm de acolchado orgánico), T2 (5 ml/L de Raizum, 20 g de biocarbón, 5 cm de acolchado orgánico), T3 (30 g de NPK, 20 g de biocarbón, 5 cm de acolchado orgánico) y T4 (Testigo), las semillas fueron hijos de espada y cormos, por cada tratamiento se evaluaron 15 plantas, en total 120 unidades experimentales. Los parámetros evaluados fueron: altura de planta, emisión foliar, fuste. En suelo se evaluó el pH, conductividad eléctrica y la materia orgánica, antes y después de la siembra. Se concluye que la alta densidad poblacional, influye en el desarrollo vegetativo, de acuerdo a los resultados el T3 presentó significancia en las variables: altura de planta, fuste y emisión foliar usando como material de siembra colines (hijos de espadas).

Palabras clave:

Emisión foliar, fuste, enmiendas.

ABSTRACT

The plantain (*Musa AAB*) crop plays a fundamental role in the country's economy and food security. As the population continues to increase, a high demand for this crop is generated, which makes it necessary to explore new production options, one of these alternatives is the implementation of high planting density. The objective was: to evaluate the effects of high density in the Dominican plantain crop, using two types of seed and different treatments for its development. The experimental design was completely randomized with four treatments: T1 (30 g of silicon, 20 g of biochar, 5 cm of organic mulch), T2 (5 ml/L of Raizum, 20 g of biochar, 5 cm of organic mulch), T3 (30 g of NPK, 20 g of biochar, 5 cm of organic mulch) and T4 (Control), the seeds were sons of sword and corms, for each treatment 15 plants were evaluated, in total 120 experimental units. The parameters evaluated were: plant height, leaf emission, and stem. Soil pH, electrical conductivity and organic matter were evaluated before and after planting. It is concluded that the high population density influences vegetative development, according to the results T3 presented significance in the variables: plant height, stem and leaf emission using as planting material colines (sons of swords).

Keywords:

Leaf emission, stem, amendments.

INTRODUCCIÓN

El plátano tiene sus orígenes en el sudeste asiático, abarcando naciones como India, Tailandia y Australia (León, 1968). Este cultivo desempeña un rol fundamental en el respaldo de la economía y la garantía de la seguridad alimentaria del país. En el año 2021, se registró una superficie sembrada de 128,861 hectáreas en el territorio nacional. La región de mayor producción de esta planta se conoce como el triángulo platanero, que engloba las provincias de Manabí, Santo Domingo y los Ríos, con volúmenes de producción de 305 533, 170 229 y 54 702 toneladas métricas respectivamente (INEC, 2021). Se registra un promedio de rendimiento de plátano en el país de 6,81 toneladas por hectárea (MAGAP, 2021).

Las variedades predominantes en estas regiones son: “Dominico” que se emplea para consumo interno y el “Barraganete” destinado a la exportación (INIAP, 2011). La altitud óptima para cultivar esta planta no debe exceder los 2000 m s.n.m. La mayoría de las plantaciones destinadas al comercio se encuentran en un rango de altitud de 400 a 600 m s.n.m. Las condiciones de temperatura más adecuadas para un buen rendimiento oscilan entre 20 y 30 °C. Se ha observado que las mejores producciones se obtienen en este intervalo. En cuanto a la precipitación, se recomienda entre 120 y 200 mm de manera mensual (INTAGRI, 2018). El plátano “Dominico” ocupa la mayor superficie del territorio en el país. Generalmente, se encuentran racimos con 80-120 dedos. Esta planta es alta, alcanzando a menudo más de 5 metros, y su pseudotallo tiene una circunferencia mediana, normalmente de unos 60 cm de circunferencia a la altura del pecho, es particularmente susceptible a plagas y enfermedades, lo que a veces afecta negativamente la calidad de su fruta. Su producción se dirige casi exclusivamente al mercado local, para ser vendido como producto fresco (Jiménez, 2014).

El aumento continuo de la población en paralelo con la creciente demanda y consumo de alimentos conlleva la necesidad de encontrar nuevas soluciones que prevengan la contaminación y el deterioro ambiental, al mismo tiempo que contribuyan a aumentar la productividad. En este sentido, se consideran alternativas como la implementación de altas densidades de siembra. La aplicación de densidades de siembra más altas en cultivos como el plátano, beneficia a los agricultores al proporcionarles mayores ingresos y una mayor rentabilidad en sus plantaciones. Además, incluyen un aumento en el intervalo entre la floración y la cosecha, pero también se ha observado un resultado de gran relevancia: una disminución en la frecuencia y gravedad del ataque de la enfermedad de la Sigatoka negra. La decisión del agricultor sobre la densidad de plantas a sembrar está estrechamente ligada al método de comercialización del producto. Cuando la venta se basa en el peso de los racimos, las altas densidades no presentan restricciones, ya que los racimos cosechados tienen un peso que supera en 4 kg a los obtenidos en densidades tradicionales (Carvajal, 2007). Los resultados de estudios realizados indican que el aumento

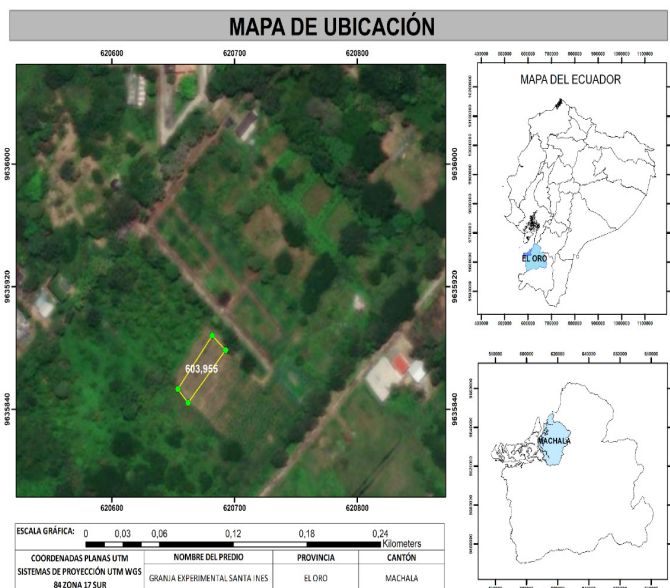
en la densidad poblacional de plantas influye en el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento del cultivo (Delgado et al., 2008)

Partimos de la premisa de que la categoría de “alta densidad” se relaciona con siembras que superan las 2500 plantas por hectárea. Después de llevar a cabo extensas pruebas en múltiples países de América Latina y el Caribe, utilizando diversas disposiciones y densidades de siembra, en la actualidad podemos afirmar que, para las variedades de mayor tamaño, el intervalo de mayor productividad se encuentra entre 2500 y 3300 plantas por hectárea. En la región de los ríos de Ecuador, se está implementando una densidad de hasta 2100 plantas por hectárea, lo que representa la mitad de lo que normalmente se planta en un enfoque de cultivo convencional. La densidad varía en un rango entre 2100 y 1792 plantas por hectárea, con suficiente espacio entre las hileras. En un cultivo tradicional, se pueden ubicar entre 1350 y 1400 plantas en cada hectárea (Ramírez, 2019)

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona donde se desarrolló la investigación está ubicada en los predios de la Granja Experimental “Santa Inés” en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, parroquia el Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro. El área de estudio se encuentra georreferenciado por las coordenadas geográficas: 3°17'30" S; 79°54'51" W (Figura 1). Las características edafoclimáticas establecen suelos aluviales con una temperatura promedio de 25 °C, con dos a tres horas de heliofanía diaria y precipitación anual de 500 mm y con una altitud de 6 m s.n.m.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



Material vegetal

Se sembró plátano del cultivar Dominico, usando dos tipos de material de siembra: colines (hijos espada) y cormos, la siembra se realizó a tres bolillos, a una distancia de 1,60*1,60, distribuidas en 3 parcelas, la primera con un área de 194,36 (se sembró cormos), segunda y tercera de 217,61 (se sembraron colines), con un total de 4528 plantas/ha, de esta manera se estableció que el número de plantas sobrepasará las 2500 plantas/ha, cantidad que se considera como mínima para ser considerado un cultivo de alta densidad en plátano.

El diseño experimental aplicado fue completamente al azar con cuatro tratamientos: T1 (30 g de silicio, 20 g de biocarbón, 5 cm de acolchado orgánico), T2 (5 ml/L de Raizum, 20 g de biocarbón, 5 cm de acolchado orgánico), T3 (30 g de NPK, 20 g de biocarbón, 5 cm de acolchado orgánico) y T4 (Testigo), se aplicaron en colines y cormos, por cada tratamiento se evaluaron 15 plantas (Tabla 1), en total fueron 120 unidades experimentales.

Tabla 1. Descripción de cantidad exacta por planta en cada tratamiento

	T1	T2	T3
Fertilizante			
Silicio	30 g	-	-
NPK	-	-	30 g
Enraizantes			
Raizum		5 ml/L	-
Enmiendas			
Biocarbón	20 g	20 g	20 g
Acolchado orgánico	5 cm	5cm	5 cm
Repeticiones	15	15	15

Fuente: Elaboración propia

Metodología

Preparación y aplicación de Fertilizantes

Para preparar los fertilizantes edáficos, se pesaron las cantidades por planta que fueron las siguientes: 30 g de silicio (Si), T1, 5 ml/L de Raizum, T2 y 30 de NPK, T3, es necesario resaltar que cada fertilizante se disolvió individualmente en 10 litros de agua, cada tratamiento se colocaron en una bomba de mochila, para aplicar en forma de drench en semicírculo alrededor de cada unidad experimental, con el objetivo de garantizar una cobertura completa en la zona de fertilización, se aplicó de forma periódica cada 8 días.

Preparación de enmiendas

Las enmiendas fueron utilizadas en los tres tratamientos, se pesó 20 g de biocarbón, esta enmienda se aplicó en

la misma fecha de los fertilizantes edáficos, así mismo se aplica 5 cm de espesor de acolchado, se empleó una vez al mes. Dichas enmiendas fueron aplicadas de forma manual en cada unidad experimental.

Labores culturales

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Limpieza: Consistió en eliminar los arvenses que pueden afectar al cultivo y competir por nutrientes que apliquemos a la planta, para esta labor se utilizó una motoguadaña.

Deshoje: Se lo realizó una vez a la semana cuando se observó que las hojas bajas comenzaron a secarse y caer.

Riego: Cada parcela experimental contaba con un sistema de riego por aspersión, se realizó esta actividad 3 veces a la semana (Lunes, Miércoles, Viernes), por el lapso de 1 hora.

Deschante: Este proceso se eliminó las chantas, que son las hojas cortadas que forman parte del pseudotallo, con el propósito de prevenir plagas y enfermedades.

Variables evaluadas

Variables de desarrollo

El seguimiento de las siguientes variables se realizó semanalmente.

Altura de la planta: Se determinó a partir del momento que la planta comenzó su desarrollo vegetativo, se midió desde la base del pseudotallo hasta la intersección de la primera hoja, usando una cinta métrica.

Emisión Foliar: Se obtuvo en el momento que salió su primera hoja Folio Normal (Fn).

Fuste: El registro de la medida se obtuvo a través del uso de una cinta métrica.

Se pudo observar las actividades realizadas en la semana en las Figuras 2 (A, B, C), en cada una de las parcelas establecidas el cultivo.

Figura 2. A) Toma de datos de la altura. B) Toma de datos de fuste. C) Toma de datos de emisión foliar



A



B



C

Análisis Estadístico

En la realización del análisis estadístico, los datos fueron procesados por un análisis de varianza de dos factores con la confirmación de los supuestos de normalidad, homogeneidad de las varianzas y la prueba de Dunnett (0,05%). Este proceso estadístico fue realizado por el software SPSS versión 21 (IBM, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de análisis de las variables manifestaron diferencias significativas entre los tratamientos, tipos de semilla y tratamiento*Semilla por su valor de significancia menor a 0,05; resultante del análisis (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza en las variables

Variable Independiente:	Altura	Fuste	Emisión Foliar
Tratamiento	0,000	0,000	0,001
Semilla	0,000	0,000	0,000
Tratamiento*Semilla	0,000	0,000	0,076

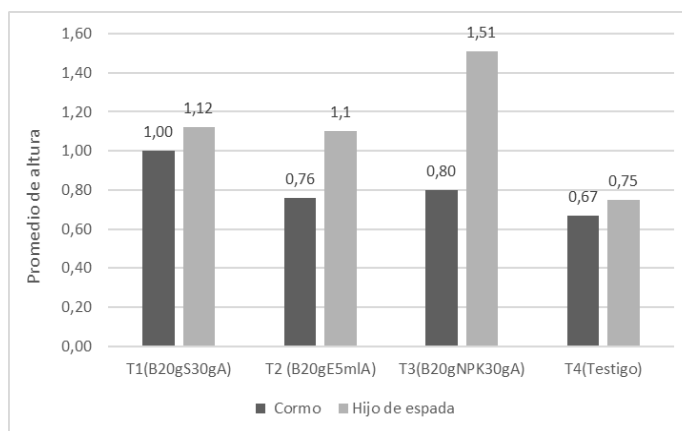
Fuente: Elaboración propia

Los resultados para la variable de altura de la planta en los dos tipos de semillas (Figura 3) mostró el mayor promedio para el T3 (B20gNPK30gA) en colín (hijo de espada) con 1,51m, este tratamiento y tipo de semilla resultaron ser mejor entre los demás, el análisis resaltó las diferencias

significativas en promedios de los diferentes tratamientos y semillas. Autores. como Cedeño et al., (2020), plantean que a medida que aumentan las densidades de siembra, se observa un aumento en las eficiencias agronómicas de los nutrientes NPK.

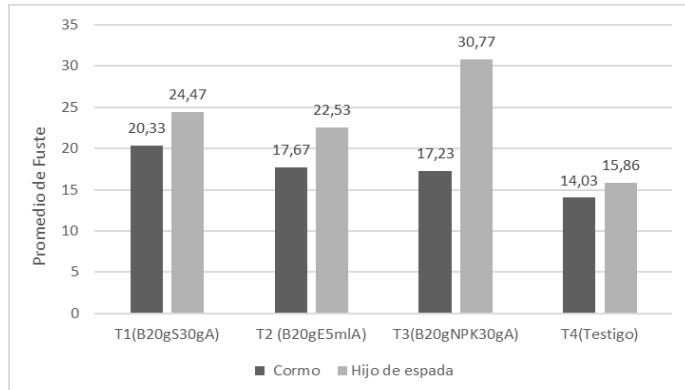
El T1 (B20gS30gA) en hijo de espada alcanzó un promedio de 1,12 m, resultando ser mayor al 1,00 m en cormo, T2 (B20gE5mlA) en hijo de espada con una media de 1,10 m y 0,76 m en cormo, reflejaron una vez más la diferencia existente entre los tipos de semilla y tratamientos, el T4 (Testigo), obtuvo valores bajos en comparación con lo demás resultados, esto manifestó que, en hijo de espada, se observó mayor altura con los distintos tratamientos en relación con cormo.

Figura 3. Comportamiento de la variable altura



La variable fuste en los dos tipos de semillas (Figura 4), indicaron que el promedio más alto lo represento el T3 (B20gNPK30gA) en colín (hijo de espada) con 30,77 cm, este tratamiento y tipos de semillas resultó ser el mayor entre los demás. Además, la utilización de biocarbón de acuerdo a Leveau et al., (2021), es utilizar esta enmienda en el suelo mejora el pH del mismo, favorece la retención y mejora la accesibilidad de nutrientes como el nitrógeno (N) y el fósforo (P), a la vez que disminuyen las pérdidas por volatilización y lixiviación. El análisis presentó diferencias significativas en promedios de los diferentes tratamientos y semillas, el T1 (B20gS30gA) en hijo de espada obtuvo un promedio de 24,47, resultando ser mayor al 20,33 cm en cormo, T2 (B20gE5mlA) en hijo de espada con un promedio de 22,53 cm; García et al., (2022), menciona que los enraizadores promueven la función fisiológica, de la planta al provocar e incentivar, tanto el crecimiento de las raíces, como el aumento del grosor de los tallos. En cormo en el T2 con 17,67 cm, reflejó una vez más la diferencia existente entre los tipos de semillas y tratamientos, el T4, generó valores bajos en comparación con lo demás resultados, esto manifestó que en hijo de espada se observaría, mayor fuste con los distintos tratamientos en relación con cormo.

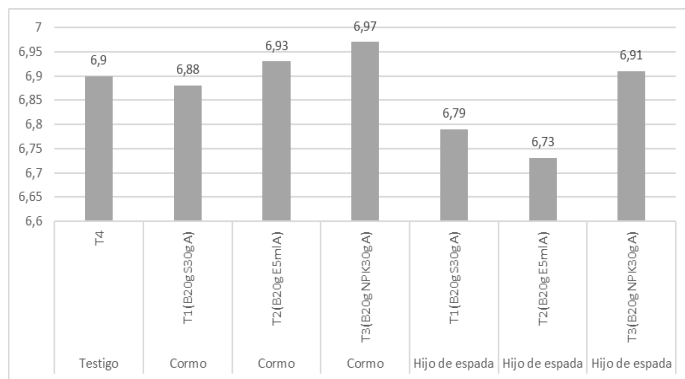
Figura 4. Comportamiento de la variable fuste



Emisión Foliar: El resultado de la variable en los dos tipos de semillas (Figura 5), muestra que existió homogeneidad entre los tratamientos, T1 (B20gS30gA), T2 (B20gE5mlA) y T3 (B20gNPK30gA), en hijo de espada con 0,9.

Sanmartín et al., (2023) plantea que el silicio (Si) influye en las hojas de banano, su existencia de más Si en las raíces, brotes y hojas de las plantas, generan resistencia a las plagas, debido a que el Si forma en la parte inferior de la epidermis de las hojas una gruesa capa, reduciendo la asimilación de plagas en las hojas. En el cormo la homogeneidad se presentó entre; T1 (B20gS30gA), T2 (B20gE5ml30gA) y T4 (Testigo) con un promedio del 0,7. La diferencia significativa se evidenció entre los tipos de semillas, resultando el hijo de espada como el mejor material vegetal en emisión foliar.

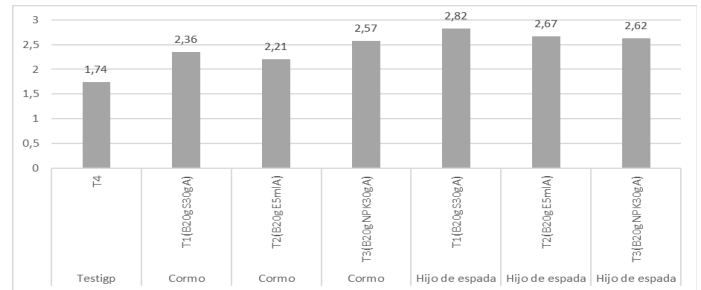
Figura 5. Comportamiento de la variable emisión foliar



Mediante el análisis estadístico (Figura 6) se evidenció que hay diferencia significativa entre tratamientos y tipos de semillas, el T2(Hijo de espada) presentó un pH de 6,73 debido al tratamiento establecido, resultando ser el mejor en valores de disminución de pH, diferenciándose al valor del pH del T4 (Testigo) con una valoración del 6,90. Middelanis, (2019), en sus resultados asegura que la aplicación de biocarbón incrementa el pH, la capacidad

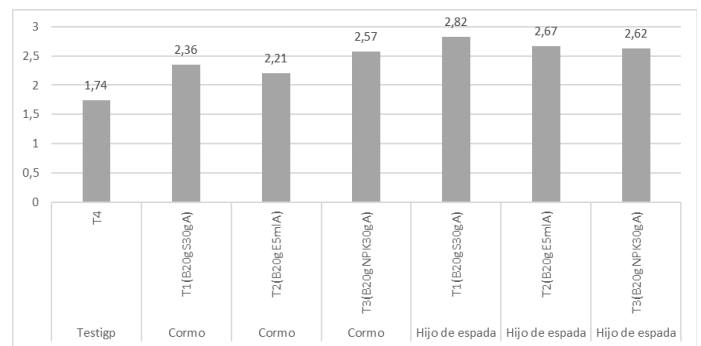
potencial de intercambio catiónico y el contenido total de nitrógeno del biocarbón en el suelo.

Figura 6. Porcentaje de pH en el Suelo



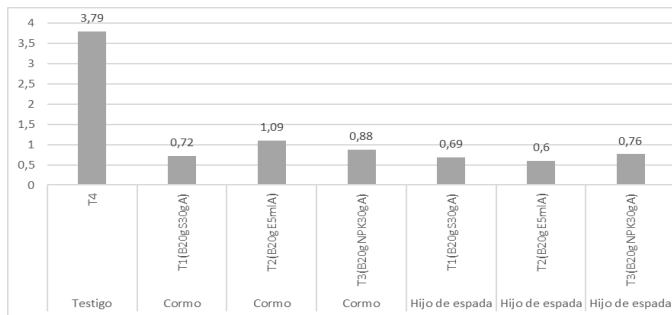
La figura 7 mostró que existió diferencia significativa entre tratamientos y tipos de semillas. El T1(Hijo de espada) mostró un aumento de materia orgánica (2,82), en comparación con el T4 (1,74), Coincidiendo con Gutiérrez et al., (2022), que menciona que el empleo de silicio sirve, como alternativa para mitigar el estrés salino y así mejorar el suelo, creando un ambiente óptimo para el contenido favorable de materia orgánica.

Figura 7. Materia orgánica existente en el suelo



En la Figura 8 se apreció que los tratamientos en los dos tipos de semillas tienen diferencia significativa. Los valores que presentaron un menor promedio en conductividad eléctrica (C.E) son: T2 (Hijo de espada) con un valor del (0,6) y el T1(Cormo) con el (0,72), en diferencia a la C.E inicial del 3,79. Beriguete & Herrera, (2013), aseguran que los efectos positivos que se pueden lograr mediante la aplicación adecuada de silicio incluyen la recuperación gradual de la fertilidad del suelo, mejorando la absorción de nutrientes esenciales, estableciendo una buena capacidad de intercambio catiónico.

Figura 8. Conductividad eléctrica existente en el suelo



CONCLUSIONES

Los resultados resaltan la influencia de las altas densidades de población en el cultivo de plátano Dominicó, utilizando semilla de hijos de espada y cormos. Se pudo observar que, en la semilla de hijo de espada, en el tratamiento T3 presentó un mayor desarrollo en las variables fuste y altura de la planta en comparación con los tratamientos T1 y T2. Sin embargo, los T1, T2 y T3 mostraron promedios de emisión foliar estadísticamente similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beriguete, P., & Herrera, A. (2013). Efecto del silicio y plaguicidas en la fertilidad del suelo y rendimiento del arroz. *SciELO*. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200013
- Carvajal, S. (2007). El cultivo del plátano en altas densidades de siembra. <https://www.ica.gov.co/eventos-memorias/institucionales/2012/documentos/conferencia-dr-sylvio-belalcazar-carvajal.aspx#:~:text=Otros%20efectos%20de%20las%20altas,cultivos%20de%20pl%C3%A1tano%20y%20banano.>
- Cedeño, G., Guzmán, Á., Zambrano, H., Vera, L., Valdivieso, C., & et al. (2020). Efecto de la densidad de siembra y riego complementario en la morfo-fenología, rendimiento, rentabilidad y eficiencia de la fertilización del plátano. *SciELO*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000400483
- Delgado, E., Gómez, N., González, O., & Marín, C. (2008). Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (*Musa AAB* cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(4), 603–616. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000400001&lng=es&nrm=iso&tling=es

García, F., Bautista, N., Preciado, C., Pérez, A., Chocoteo, A., & et al. (2022). Evaluación de tres enraizadores comerciales en la primera etapa de crecimiento vegetativo. *Redalyc*. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeTresEnraizadoresComerciales-EnLaPrimera-8746286%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeTresEnraizadoresComerciales-EnLaPrimera-8746286%20(4).pdf)

Gutiérrez, A., Camus, F., Condori, W., González, F., Mazuela, P., & et al. (2022). El silicio (Si) y su efecto mitigador del estrés salino en cultivos hortícolas. *SciELO*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292022000100129

IBM. (2023). One-Way ANOVA Post Hoc Tests. IBM Documentation. <https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/saas?topic=anova-one-way-post-hoc-tests>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2021). *Perfil Provincial*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiNjk1M2M4Y2UtNmYwOS00M-Dk1LWlYzgtNmVzMzZM5ODMzODNliwidCl6ImYxN-ThhMmU4LWNhZWMiNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OW-JkYTEyMiJ9&pageName=ReportSection5b660c865b-9de068070e>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2011). *Banano, plátano y otras musáceas*. <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/#>

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). (2018). *Requerimientos de clima y suelo para banano*. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano>

Jiménez, G. (2014). *Estudio comparativo del rendimiento del plátano Barraganete VS plátano Dominicó*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2505/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-55.pdf>

León, J. (1968). *Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales*. Bogotá: IICA. <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/BVE19040074e.pdf>

Leveau, M., Dumler, S., De La Rosa, R., Alegre, J., Ladd, B., & et al. (2021). Uso de biocarbón en el balance de nitrógeno en suelos aluviales de San Ramón / Chanchamayo / Perú. *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/journal/341/34169769006/html/>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP). (2021). *Información productiva territorial*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Middelani, T. (2019). El biocarbón aplicado al suelo retiene agua y nutrientes en los valles interandinos del departamento de Cochabamba, Bolivia. *SciELO*. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892019000300007

Ramírez, C. (2019). *BananoTecnía*. <https://banano-tecnia.com/noticias/plantaciones-a-doble-hile-ra-en-los-rios-ecuador/>

Sanmartín, J., Cuenca, A., Luna, Á., Jaramillo, E., Villaseñor, D., & et al. (2023). Efecto nutricional foliar de silicio para el cultivo de banano (*Musa spp.*) en Ecuador. *UCR*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/56131/56797>

13

HUMEDAD DEL SUELO SATELITAL PARA EL ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE PRODUCCIÓN DE BANANO (ARENILLAS-ECUADOR)

SATELLITE SOIL MOISTURE FOR THE ANALYSIS OF BANANA PRODUCTION VARIABILITY (ARENILLAS-ECUADOR)

Jerry Simón Arreaga Carrillo¹

E-mail: jarreaga1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6583-9292>

Patricio Javier Arellano Gastiabur¹

E-mail: parellano2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8407-0848>

Julio Enrique Chabla Carrillo¹

E-mail: jechabla@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Arreaga Carrillo, J. S., Arellano Gastiabur, P. J., Chabla Carrillo, J.E. (2023). Humedad del Suelo Satelital para el análisis de variabilidad de producción de Banano (Arenillas-Ecuador). . *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 96-107. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

Mediante la utilización de imágenes satelitales, técnicos agrícolas pueden supervisar de manera efectiva los niveles de humedad del suelo, que permite garantizar que sus cultivos reciban cantidades óptimas de agua, entre otros beneficios. Esta avanzada tecnología puede ser de gran ayuda dentro de la agricultura, además de medir la humedad del suelo, puede proyectar el rendimiento a partir de sensores ópticos, y analizar las características espectrales, climas, fisiología, nutrición y estrés de los cultivos con estos antecedentes se planteó como objetivo analizar la factibilidad de utilización de humedad satelital, para estudio de variabilidad del rendimiento del banano y la detección de periodos críticos en relación con esta variable durante su ciclo vegetativo. Se evaluó ciertas propiedades físicas del suelo, las variables tanto de desarrollo vegetativo y de producción, además se realizó una correlación entre la humedad satelital del suelo y las humedades volumétricas determinada en laboratorio y la medida en tiempo real con Sonda TDR350. Determinándose que la Humedad satelital presenta correlaciones negativas frente a las demás variables, estableciéndose una ligera variabilidad en la producción lo que se atribuye a la incidencia de otros factores, como la textura del suelo, contenido de materia orgánica, el grado de compactación y fertilidad de suelos, cabe enfatizar que el sensor satelital, mide la humedad superficial, por lo que no refleja adecuadamente el contenido de agua en el perfil de suelo y su disponibilidad para las raíces, que conlleven a una alta productividad del cultivo.

Palabras clave:

Sentinel 2, productividad, reflectometría, sensor, Sonda TDR350.

ABSTRACT

By utilizing satellite imagery, agricultural technicians can effectively monitor soil moisture levels, ensuring that their crops receive optimal water amounts, among other benefits. This advanced technology can be of great assistance in agriculture. In addition to measuring soil moisture, it can project yield based on optical sensors and analyze crop spectral characteristics, climates, physiology, nutrition, and stress. The objective of this study was to assess the feasibility of using satellite-derived soil moisture for studying banana yield variability and detecting critical periods in relation to this variable during its vegetative cycle. A correlation was established between satellite-derived soil moisture and volumetric moisture content determined in the laboratory, as well as real-time measurements with the TDR350 Probe. Both vegetative development and production variables were evaluated. It was determined that satellite-derived soil moisture exhibits negative correlations with other variables, with slight variability in production attributed to the influence of other factors such as soil texture, organic matter content, soil compaction, and fertility. Furthermore, the satellite sensor measures surface soil moisture, thus not adequately reflecting water content in the soil profile and its availability to the roots, which ultimately impacts crop productivity.

Keywords:

Sentinel 2, productivity, reflectometry, sensor, sonda TDR350.

INTRODUCCIÓN

La importancia de obtener medidas precisas de la humedad del suelo trasciende la agricultura y se aplica en diversas áreas, incluyendo aspectos ecológicos, el estudio de los ciclos biogeoquímicos y la monitorización de áreas propensas a sufrir deslizamientos de tierras, etc. Además, estas mediciones desempeñan un papel fundamental en la vigilancia de los recursos hídricos a nivel global y son esenciales para evaluar la productividad agrícola.

El uso de imágenes satelitales no solo aumenta la precisión en la medición de la humedad del suelo, sino que también ofrece un análisis minucioso del contenido de humedad en el terreno, lo que enriquece la comprensión de los niveles de humedad en ubicaciones específicas por parte de técnicos y científicos agrícolas (Frackiewicz, 2023).

Los avances tecnológicos recientes en el ámbito de las imágenes satelitales capacitan a los investigadores para adquirir y analizar datos en vastas áreas en lapsos de tiempo relativamente cortos. Adicionalmente, posibilitan la predicción de los niveles de humedad a lo largo del tiempo, lo que simplifica la labor de los investigadores al estudiar como estos niveles afectan el crecimiento de los cultivos y al mismo tiempo, les ayuda a identificar tendencias climáticas (Hernández Mera, 2021).

Las imágenes satelitales desempeñan un papel fundamental en la identificación de áreas afectadas por sequías, inundaciones y otros eventos relacionados con el cambio climático. Esto capacita a los científicos para tomar medidas anticipadas y correctivas con el fin de mitigar los impactos negativos. Además, en investigaciones recientes se ha evaluado la posibilidad de utilizar imágenes satelitales para detectar la presencia de nutrientes y sales solubles en el agua del suelo. Esta aplicación implica la subdivisión de áreas específicas dentro de regiones agrícolas, cada una con requerimientos nutricionales particulares, lo que tiene el potencial de aumentar la productividad al mejorar el desempeño de los cultivos (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2015).

Aparte de las ventajas anteriormente destacadas, las imágenes cumplen una función significativa al identificar áreas con predisposición a la proliferación de plagas y enfermedades, además de evaluar el nivel de contaminación del suelo debido a la escorrentía de desechos originados por la actividad minera.

En definitiva, las imágenes satelitales se han convertido en una herramienta esencial en la agricultura. Su utilidad va más allá de la monitorización de la humedad del suelo; promueven la adopción de prácticas de agricultura de precisión que evitan la aplicación excesiva de fungicidas y nutrientes en toda el área de cultivo. Además,

permiten la identificación de zonas propensas a la aparición de enfermedades como R4T y Sigatoka, entre otras (Frackiewicz, 2023).

La mayoría de las propiedades físico – químicas del suelo varían de acuerdo a la humedad presente en el mismo. La medición del contenido volumétrico del suelo es necesaria para el estudio del mismo, sirve como una limitante en el comportamiento fisiológico de las plantas donde su nutrición y respuesta hídrica depende de ello (Lestín Ruben, 2018). De acuerdo con (Martínez Varona, 2013), los antecedentes acerca de los requerimientos hídricos del banano indican que es una planta altamente exigente respecto al déficit de humedad en el suelo.

La necesidad de métodos indirectos para obtener contenido de agua o índices de humedad es evidente cuando se considera el tiempo y el trabajo involucrados en el muestreo directo. Entre otros los métodos más usualmente utilizados podemos encontrar la sonda de neutrones, sonda TDR, y sonda FDR, que son medidores portátiles que nos brindan una información al instante (Lestín Ruben, 2018).

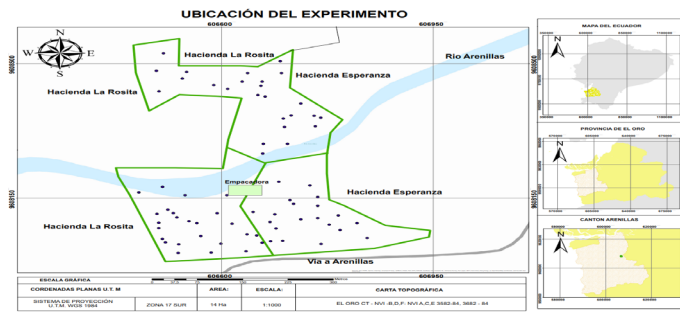
La teledetección ha sido utilizada como una herramienta valiosa y determinante a la hora de establecer indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales, de manera especial en evaluar dinámicas en los cambios de usos de suelo y coberturas vegetales. Un aporte destacado de la teledetección espacial al estudio medioambiental es su capacidad de seguir procesos dinámicos ya que las imágenes se captan por un sensor que observa la tierra desde una órbita estable y repetitiva (Santi Ruiz, 2018).

Los datos satelitales permiten recopilar una información coherente, que posteriormente puede ser analizada utilizando los mismos criterios para distintos momentos en el tiempo, de manera que puedan realizarse estimaciones más precisas sobre el cambio (Santi Ruiz, 2018). La adquisición de estas imágenes satelitales hoy en día hay la facilidad de obtenerla en forma de acceso libre para la realización de esta investigación, la cual pretende analizar la factibilidad de su utilización de humedad satelital para el estudio de la variabilidad del rendimiento del banano y la detección de periodos críticos en relación con esta variable a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la parroquia El Jobo perteneciente al Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro, en la finca El Vijagual con las coordenadas geográficas 3° 32' 30.70" S y 80° 02' 12.9" W, a una altura de 26 m.s.n.m. y una temperatura que oscila de 24 a 26 °C y precipitación media de 1250 mm y una humedad relativa promedio mensual de 80% Figura 1.

Figura 1. Mapa de muestreo



Propiedades físico-químicas del suelo

Tabla 1. Propiedades físico químicas del área de estudio

Nro. de Lote	Textura %			Clase textural	da (gr cm-3)	dr (gr cm-3)	Porosidad (%)	pH (H2O)	C.E(ds m-1)
	Arena	Limo	Arcilla						
Lote 1	56,46	10,44	33,1	Franco arcillo Arenoso	1,49	2,5	40,4	6,55	0,36
Lote 2	68,4	11,34	30,26	Franco Arenoso	1,76	2,65	33,6	6,43	0,50
Lote 3	58,42	13,67	17,91	Franco arcillo arenoso	1,51	2,5	39,6	6,80	0,57

Fuente: Elaboración propia

Determinación del tamaño de la Muestra

Según (Martínez Hernández & Bermúdez Camacho, 2016) para el cálculo de estimación de la muestra del tamaño de la muestra se utiliza la siguiente formula:

$$\eta = \frac{N \cdot Z \cdot \infty^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (n-1) + Z \cdot \infty^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

N= Total de la población

Z= Nivel de confiabilidad

p= Proporción esperada (se utilizó el 5%=0.05)

Las variables a medir fueron:

Tabla 2. Variables de humedad, desarrollo y producción evaluadas

MÉTODOS DE EVALUACION DE HUMEDAD	VARIABLES DE DESARROLLO	VARIABLES DE PRODUCCIÓN
Método Volumétrica (Θ_v)	Diámetro de Fuste (V-fst)	Peso de Racimo (V-Prm)
Método Sonda TDR350 (SondaTDR350)	Nro. de Hojas (V-Nh)	Peso de Raquis (V-Prq)
Método Humedad Satelital (Hum. Satelital)		Número de manos (V-Nm)
		Longitud dedo (V-LdMs)
		Número de dedos por mano al sol (V-NdMs)
		Hojas a cosecha (V-Hc)

Fuente: Elaboración propia

q= 1-p = 1-0.95=0.05

d= Precisión (se usó el 5%)

Variables de Desarrollo y Producción Evaluadas

Para la medición de las variables no controladas, se dividió la finca en 3 lotes para fijar los sitios de muestreo seleccionando en cada uno de ellos las plantas prontas a la parición, se escogió 70 plantas producto de la aplicación de la fórmula para determinar el tamaño de la muestra cómo se exhibe en la Figura 1.

La medición de humedad de suelo se la realizó de 3 formas diferentes que se detallaran a continuación:

Humedad de suelo por el Método gravimétrico,

La humedad se determinó en base al suelo seco (θ_g), fundamentada en el peso perdido de una muestra húmeda sometida a la estufa a 105°C durante 48 horas, se empleó una balanza analítica de precisión con una sensibilidad al 0,0001 g. (Lopez Bravo et al., 2021). Las muestras de suelo recogidas fueron en relación a los 3 sitios de muestreo que se le dio seguimiento. Es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Sin embargo, no puede usarse para obtener un registro continuo de la humedad del suelo de un lugar determinado, porque es necesario extraer muestras del suelo para su análisis en el laboratorio (Vélez Zapata, 2021).

$$(1) \quad \theta_g(\%) = \left(\frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \right) \times 100$$

Donde:

P_{sh} = Peso del suelo húmedo

P_{ss} = Peso del suelo seco

Contenido Volumétrico de Agua en el suelo,

Según (Radulovich, 2009) se calcula esta variable de la siguiente manera, mediante el análisis de muestras en laboratorio, con la siguiente fórmula:

$$(2) \quad \theta_v(\%) = \theta_g \times d_a$$

Donde:

$\theta_g(\%)$ = Contenido gravimétrico de agua en el suelo

d_a = Densidad Aparente. $g \cdot cm^{-3}$

Medición de humedad volumétrica del suelo: Método de Sonda TDR 350

Según (García Lopez et al., 2010) se determinó la humedad volumétrica ($cm^3 \cdot cm^{-3}$) con una sonda electromagnética del tipo TDR, que fue calibrada para el tipo de suelo en específico de la zona de estudio.

La toma de datos en campo se utilizó varillas electrodos de 20 cm, en estratos de 0-20 cm y de 20-40 cm, lo que proporcionó los contenidos de humedad del suelo, su temperatura (°C) y la conductividad eléctrica (dS/m) en cada punto de muestreo, registrados en 3 periodos diferentes

Imágenes satelitales

Existen varios proveedores de imágenes satelitales, como Landsat, Sentinel, MODIS, Planet, entre otros. Cada uno ofrece diferentes resoluciones y frecuencias de revisita.

En esta investigación se utilizó una imagen del satélite Sentinel-2A, las imágenes son correspondientes a los días que se realizó las tomas de muestras, a. La imagen fue descargada de <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (Ovando et al., 2021)

A recomendación de Sandoval García et al., 2021, las imágenes se les hizo una corrección atmosférica para realizar una clasificación supervisada, y se recortaron geoméricamente para ajustar a la extensión del área de interés.

Índice de Diferencia Normalizada de Humedad (NDMI):

El índice de diferencia normalizada de humedad se utilizó para determinar el contenido de agua de la vegetación. Se calcula como una relación entre los valores NIR y SWIR (Álvarez García, 2022).

Fórmula:

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad NDMI = (B08 - B11) / (B08 + B11)$$

Donde:

NIR = Banda infrarroja cercana

SWIR = Banda infrarroja de onda corta

Análisis Estadístico

Se introdujeron todas las variables de interés en el programa IBM SPSS STATISTICS 23, para conocer si existen diferencias significativas, se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA), previo al cumplimiento de normalidad de datos de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas. Se realizó posteriormente la prueba de Post Hoc de Tukey para identificar los subconjuntos homogéneos con un nivel de significancia de 0,05. La estadística descriptiva de las variables de estudio se realizó mediante el cálculo de la media, mínimo, máximo y coeficiente de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizó la prueba de normalidad de cada variable de humedad, aceptando la hipótesis nula y a su vez denotando que los datos para cada variable medida presento una distribución normal en los datos debido a que el p-valor de la prueba Kolmogórov-Smirnov fue mayor al nivel de significancia alta predefinido $\alpha=0,05$

Tabla 3. Pruebas de normalidad de los datos en función de las variables humedad

Pruebas de normalidad de Humedad							
N° de Lote	Variable	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Lote 1	SondaTDR350	0,099	25	,200*	0,96	25	0,413
	Θv	0,084	25	,200*	0,979	25	0,863
	Hum. Satelital	0,065	25	,200*	0,981	25	0,901
Lote 2	SondaTDR350	0,125	25	,200*	0,925	25	0,066
	Θv	0,106	25	,200*	0,948	25	0,226
	Hum. Satelital	0,15	25	0,15	0,93	25	0,085
Lote 3	SondaTDR350	0,146	20	,200*	0,965	20	0,638
	Θv	0,129	20	,200*	0,936	20	0,201
	Hum. Satelital	0,2	20	0,035	0,863	20	0,009

Fuente: Elaboración propia

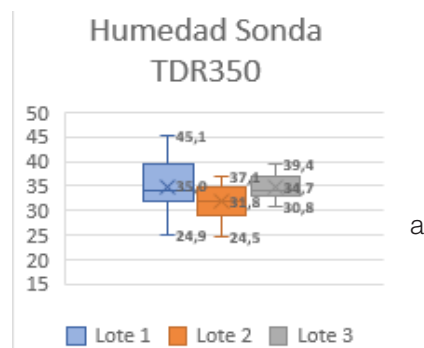
Las variables fueron sometidas a un análisis exploratorio de datos para verificar la visualización de valores atípicos que pudiera afectar en el procedimiento estadístico con cada una de las variables. Estos datos se eliminaron para mantener distribuciones normales y homogéneas, el diagrama de cajas y bigotes permitió comparar la distribución y dispersión de los datos de las diferentes variables biométricas respecto a la media, que se les dio seguimiento en este estudio.

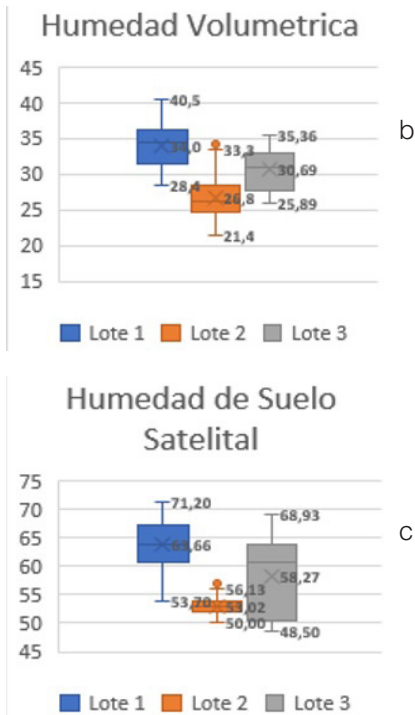
En la Figura 2(a), se observa una significativa variación en la humedad del suelo en los tres lotes analizados mediante la sonda TDR 350, con un valor máximo de humedad que llega hasta el 45,1%. Estos resultados concuerdan con las observaciones previas de Largaespada & Henríquez (2015). Es importante destacar que el segundo se muestran niveles de humedad considerablemente más bajos, lo que podría estar relacionado con las propiedades físicas de este suelo, se nota una gran diferencia en el contenido de arena en comparación con los otros (Tabla 1), probablemente por la cercanía a las riberas del río Arenillas y un canal de riego colateral a este que pasa por el predio.

Se muestra que en la Figura 2(b), en el Lote 1, los niveles de humedad del suelo registrados mediante imágenes satelitales, presentan valores notablemente elevados en comparación con las demás áreas, alcanzando un punto máximo del 71.2%. Por otro lado, en el segundo indicó una menor variabilidad en los datos; sin embargo, en este caso, se observan los valores más bajos de humedad del suelo. Esta disparidad podría estar relacionada con la presencia significativa de arena en esta área, lo cual, de acuerdo con las investigaciones de Serrano Amaya (2020), tiende a promover la pérdida de agua en la capa superficial del suelo. Respecto al tercero, se aprecia una mayor dispersión y asimetría de la humedad del suelo en comparación con la mediana.

En la Figura 2(c), se presenta el contenido de humedad volumétrica del suelo, con muestras que han sido sometidas a análisis de laboratorio. El Lote 1 sobresale debido a su contenido de humedad significativamente mayor en comparación con los demás. Podría atribuirse al hecho de que, según las determinaciones de la textura del suelo, este tiene el contenido más elevado de arcilla. Estos resultados están en línea con los obtenidos por Zapata Sierra et al., (2015), quienes también informaron un aumento notable en los niveles de humedad en suelos con un contenido más alto de arcilla. En cuanto al segundo, se caracteriza por tener un contenido de humedad menor, con un promedio del 26.8% y un valor atípico de 34.3%. Se destaca que existe una similitud notable en los datos entre los cuartiles. En contraste, en el caso del tercero, se observa una dispersión de los datos de humedad del suelo considerablemente menor.

Figura 2. Diagrama de cajas y bigotes de las Humedades del suelo registrada con Sonda Tdr350(a), Satelital(b), Volumétrica de laboratorio(c)



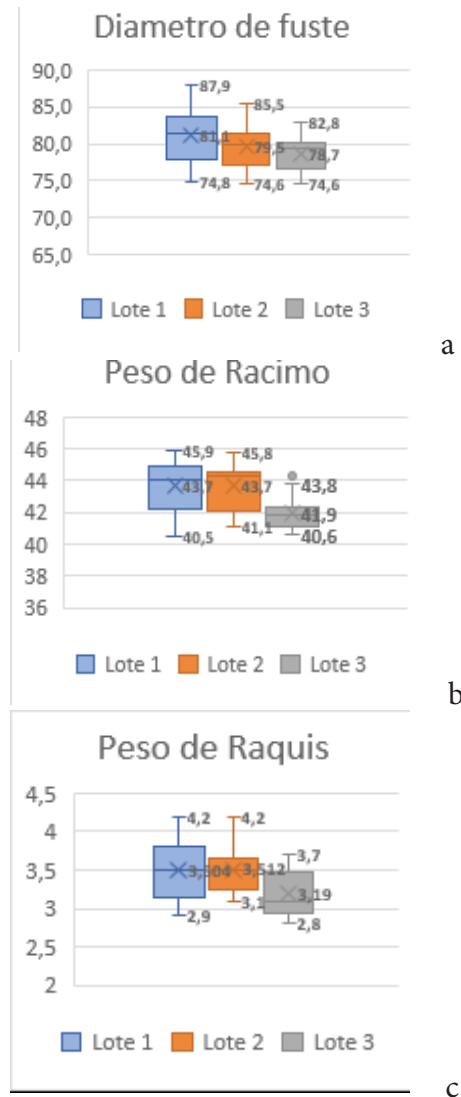


En relación a la variable Diámetro de Fuste, se han registrado valores máximos de 87,9 cm y mínimos de 75,6 cm. En lote 2, se aprecia una mayor dispersión de los datos, con una simetría negativa. Es relevante destacar que en este mismo se ha observado un menor diámetro de fuste en comparación con los demás, esta discrepancia podría explicarse por la mayor variabilidad en los niveles de humedad de suelo de acuerdo a Galán Saúco & Robinson (2013), tanto en la Θ_v como SondaTDR350, que son mediciones realizadas en el lugar y donde se registra el menor contenido de humedad. Por otro lado, en el tercero, se ha constatado una menor dispersión de los datos, lo cual vuelve a reflejar una asimetría negativa, tal como se ilustra en la Figura 3(a).

En la Figura 3 (b), al construir el diagrama de cajas y bigotes, se puede apreciar que en los Lote 1 y 2 existen valores que muestran una dispersión considerable por debajo de la media de la variable Peso de Racimo. En contraste, en el tercero, se observa menor dispersión de los datos, y destaca un valor atípico de 44,3 libras. Según Zarate & Kuiper (2013) el déficit de agua en el cultivo de banano puede provocar una pérdida del 34% del rendimiento además de una disminución en la calidad de la fruta.

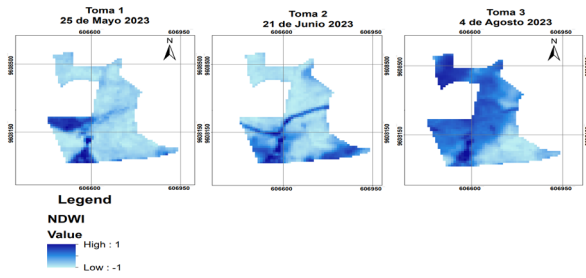
En la Figura 3(c), se representa la variabilidad de los datos en el Peso de Raquis, con valores máximos alcanzando las 4,2 libras y mínimos hasta las 2,8 libras. Por lo tanto, se puede observar que en el lote 3 se registró la media más baja en términos de peso.

Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes de las variables Diámetro de Fuste, Peso de Racimo y Peso de Raquis



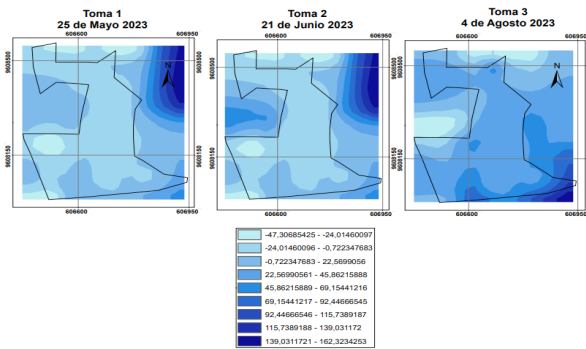
En las figuras 4, se puede observar la medición de humedad realizada por el satélite, muestra que en la primera y segunda toma no se presentan cambios sustanciales en los niveles de humedad. Sin embargo, en la tercera se evidencia un aumento significativo de la humedad del suelo. Según Villatoro (2021) los índices de humedad varían entre 1 y -1, los cuales se concuerdan con esta investigación ya que presenta valores que varían entre el rango antes mencionado.

Figura 4. Distribución espacial de la Humedad del Suelo Satelital en la finca el Vijahual



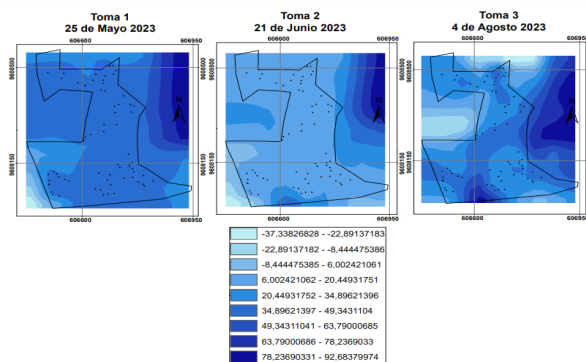
Se observa la distribución del contenido volumétrico de agua en el suelo medida por la Sonda TDR 350. En la Figura 5 en la toma 1 y 2 con una media de 30%, mientras que en la tercera se muestra más variabilidad de la humedad.

Figura 5. Distribución espacial de la Humedad volumétrica medida por Sonda TDR 350



En la figura 6 se muestra la distribución de la humedad en las tres tomas que se realizó, se puede observar que la finca presenta buena humedad en la primera medición, manteniendo una media de casi el 50% de contenido de agua en el suelo, en la segunda presenta una media de humedad de 25% y se puede contemplar que en la tercera existe variabilidad de humedad.

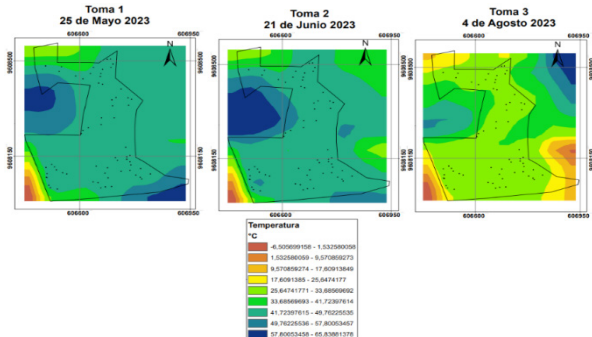
Figura 6. Distribución espacial de la humedad Volumétrica determinada en laboratorio de la finca el Vijahual



En la Figura 7, se observa que en las primeras dos mediciones no registraron cambios significativos en la temperatura del suelo, en contraste con la tercera medición que se evidenció una disminución. Estos resultados permiten

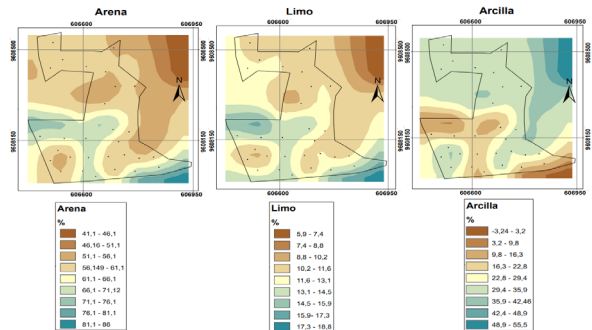
inferir una relación entre las condiciones de humedad de humedad representadas en las Figuras 9, 10, 11 y la temperatura. De acuerdo con Globe (2005) los suelos con humedad tienden a calentarse de manera más gradual que los suelos secos, ya que el agua presente en los poros tiene una capacidad superior para absorber calor en comparación con el aire.

Figura 7. Mapa de variación de la temperatura del suelo por sonda TDR350 en las diferentes tomas en la finca el Vijahual



De acuerdo a los datos obtenido de contenido de arena, limo y arcilla se puede observar en la figura 8 su distribución espacial en la finca, se visualizan los alto valores de arena que contiene presentando datos entre 66,1 y 71,1%. Por lo que se puede definir que la finca tiene un suelo de clase textural franca arenosa, coincidiendo con los resultados obtenidos por Villaseñor (2015) que nos define que suelos de esta zona tienen un alto contenido de arena.

Figura 8. Distribución espacial de los contenidos de Arena, Limo y Arcilla de la hacienda el Vijahual



Estadística descriptiva

En la Tabla 4 se observa que los contenidos de humedad determinados con la SondaTDR350 y Θ_v en laboratorio en los 3 puntos de muestreo, presentan una media que oscila entre 26,3 y 35,93% valores que están dentro de los contenidos de humedad señalados en base a las propiedades físicas de los suelos, un coeficiente de variación entre 8 y 12% cantidades que se consideran normales según los rangos establecidos por Pearson, una asimetría que se encuentra entre 1 y -1 y la curtosis que se establece en el rango de 1,71 a -1,66. No obstante la humedad Satelital se muestran datos elevados de humedad con una media de 53,4 a 64,2%.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del contenido de humedad determinada por varios métodos

N° Lotes	Descriptivos	Media (%)	Mediana (%)	CV (%)	DS (σ)	Mín.	Máx.	Asimetría	Curtosis
Lote 1	Sonda TDR350	34,54	33,90	12,27	4,24	24,90	41,30	-0,08	-0,28
	Θ_v	33,96	34,40	9,40	3,19	28,40	40,50	0,09	-0,68
	Hum. Satelital	64,2	64,2	7,10	0,05	0,54	0,71	-0,24	-0,32
Lote 2	Sonda TDR350	35,93	35,20	8,96	3,22	30,80	45,40	1,11	1,71
	Θ_v	26,75	26,30	10,94	2,93	21,40	34,20	0,84	1,21
	Hum. Satelital	53,4	53,6	3,35	0,02	0,50	0,57	0,84	1,01
Lote 3	Sonda TDR350	31,13	31,60	10,20	3,18	24,50	37,10	0,09	-0,19
	Θ_v	30,69	31,00	10,15	3,11	25,89	35,36	-0,12	-1,31
	Hum. Satelital	58,8	61,4	12,21	0,07	0,49	0,69	-0,16	-1,66

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, realizado en las variables de la Tabla 6, permite señalar que existe diferencias significativas entre los distintos métodos de medición de humedad. En relación todos los parámetros asociados al desarrollo vegetativo, se constata que los valores de humedad Satelital, SondaTDR350, Diámetro de fuste (V-fst), Numero de hojas (V-Nh), presentan un p-valor inferior a 0,05, lo que indica que estas diferencias son altamente significativas.

Tabla 6. Efecto del factor de estudio en las variables medida

ANOVA				
Variables	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p-valor
Hum. Satelital	1,238	61,9	61,543	,000
SondaTDR350	118,476	59,238	3,361	,037
Θ_v	4,359	2,180	,113	,893
V-fst	4980,064	2490,032	225,875	,000
V-Nh	1473,029	736,514	1376,156	,000

Fuente: Elaboración propia

El análisis post-hoc de Tukey respalda la conclusión de que las tres tomas en las variables Satelital y SondaTDR350 pertenecen a diferentes subconjuntos. Esto implica que las tomas de muestra de humedad cambian entre cada toma a excepción de la variable Θ_v que pertenece a un solo subconjunto, quiere decir que la humedad de suelo no varía en las tres tomas, como se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7. Prueba Post-Hoc de Tukey

Variables	Toma	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
SondaTDR350	Toma 2	70	32,1929	
	Toma 3	70	33,1714	33,1714
	Toma 1	70		34,0314
	Sig.		,354	,447
Hum. Satelital	Toma 1	70	52,06	
	Toma 2	70	54,48	
	Toma 3	70		69,42
	Sig.		,327	1,000
Θ_v	Toma 3	70	33,3783	
	Toma 2	70	33,4097	
	Toma 1	70	33,6984	
	Sig.		,903	

Fuente: Elaboración propia

Correlación de Pearson

En la Tabla 8 presenta la correlación entre las variables SondaTDR350, Satelital y Θ_v , a lo largo de toda la zona de estudio, se observa que la más significativa se estableció entre la Θ_v y la SondaTDR350, con un valor máximo de 0.906 y un mínimo de 0,723. Estos resultados concuerdan con obtenidos por Largaespada & Henríquez (2015), quienes también identificaron una correlación positiva entre estas variables. Por otro lado, la correlación más baja se detectó en el Lote 1 entre la Satelital y SondaTDR350, con un valor de -0.298 lo que indica que estas variables varían en direcciones opuestas en este contexto específico.

Tabla 8. Correlación de Pearson de las variables de humedad

Nro Lotes	Variables	SondaTDR350		Hum. Satelital		Øv	
		Correlación de Pearson	p-valor	Correlación de Pearson	p-valor	Correlación de Pearson	p-valor
Lote 1	SondaT-DR350			-,298	,148	,870**	,000
	Hum. Satelital	-,298	,148			-,228	,273
	Øv	,870**	,000	-,228	,273		
Lote 2	SondaT-DR350			,313	,127	,723**	,000
	Hum. Satelital	,313	,127			,157	,453
	Øv	,723**	,000	,157	,453		
Lote 3	SondaT-DR350			,109	,646	,906**	,000
	Hum. Satelital	,109	,646			,014	,955
	Øv	,906**	,000	,014	,955		

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se observa las diversas correlaciones entre los niveles de humedad y las variables relacionadas con el desarrollo y producción en el Lote 1. Se muestra que la correlación más fuerte se encuentra entre la SondaTDR350 y el Diámetro de Fuste (V-fst), con valor de 0.766 altamente significativa, seguido por el Número de Manos por Racimo (V-Nmr) con una alta significancia

de 0,60 y Numero de Mano al Sol (NdMs) con una correlación de 0,576. Por otro lado, las correlaciones más bajas se dieron entre la Satelital y todas las variables de desarrollo y producción, con valores próximos a -1, lo que evidencia que hay una ausencia de relación entre estas.

Tabla 9. Correlación de Pearson entre la Humedad y las de variables de desarrollo y Producción Lote 1

Correlación Humedad- Variables Biométricas Lote 1						
Variables	Sonda TDR350		Hum. Satelital		v	
	Correlación de Pearson	p-valor	Correlación de Pearson	p-valor	Correlación de Pearson	p-valor
V-fst	,766**	,000	-,092	,663	,548**	,005
V-Nh	-,239	,249	-,008	,970	-,287	,164
V-Hc	-,197	,345	-,197	,345	-,169	,419
V-Nmr	,600**	,002	-,217	,297	,397*	,049
V-NdMs	,576**	,003	-,406*	,044	,544**	,005
V-LdMs	-,183	,381	-,218	,296	-,369	,069
V-Prm	,724**	,000	-,358	,079	,552**	,004
V-Prq	,721**	,000	-,163	,437	,703**	,000

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 presenta las diversas correlaciones entre las humedades y las variables de desarrollo y producción en el Lote 2, nos manifestó mayor correlación entre la SondaTDR350y el Número de Manos por Racimo (V-Nmr) con un valor de 0.802, seguido por el peso de raquis (V-Prq) de 0,732, el Diámetro de Fuste (V-fst) alcanzando un valor de 0.706 y el Peso del Racimo (V-Prm) con un

valor de 0.668 todas estas altamente significativas, mientras que la relación entre la Øv y Numero de Hojas (V-Nh) y Hojas a la cosecha (V-Hc) es negativa tendiendo a -1. Así mismo en la Satelital la correlación entre esta y el Numero de manos (NdMs) es inversamente proporcional. Entre tanto En la SondaTDR350 mostró una correlación inversa con la variable de Longitud del dedo Mano Sol (V-LdMs)

Tabla 10. Correlación de Pearson entre la Humedad y las de variables de desarrollo y Producción Lote 2

Correlación Humedad-Variabes Biométricas Lote 2						
Variables	Sonda TDR350		Hum. Satelital		Θv	
	Correlación de Pearson	P-valor	Correlación de Pearson	P-valor	Correlación de Pearson	P-valor
V-fst	,706**	,000	,036	,863	,486*	,014
V-Nh	,032	,880	,350	,087	-,131	,532
V-Hc	,051	,808	,249	,230	-,030	,888
V-Nmr	,802**	,000	,146	,486	,555**	,004
V-NdMs	,293	,155	-,025	,906	,174	,405
V-LdMs	-,103	,625	,110	,602	,003	,990
V-Prm	,668**	,000	,040	,849	,442*	,027
V-Prq	,732**	,000	,283	,170	,742**	,000

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11 la correlación entre la humedad y las variables de desarrollo y producción en Lote 3 nos presentó una mayor correlación en la SondaTDR350 y la Θv con las siguientes variables: Diámetro de Fuste (V-fst), Numero de Manos por Racimo (V-Nmr), Número de dedos a manos al sol (NdMs), longitud de dos de manos al sol (V-LdMs),

Peso de Racimo (V-Prm) y el Peso de Raquis (V-Prq). La menor correlación se manifestó en las correlaciones entre la Satelital y las siguientes variables: Numero de Hojas (V-Nh), Numero de Hojas a la Cosecha (V-Hc) y en el Peso del Raquis (V-Prq) mostranso valores con tendencia a ⁻¹.

Tabla 11. Correlación de Pearson entre la Humedad y las de variables de desarrollo y Producción Lote 3

Correlación Humedad-Variabes Biométricas Lote 3						
Variables	Sonda TDR350		Hum. Satelital		Θv	
	Correlación de Pearson	P-valor	Correlación de Pearson	P-valor	Correlación de Pearson	P-valor
V-fst	,860**	,000	,177	,455	,864**	,000
V-Nh	,265	,258	-,210	,374	,241	,305
V-Hc	,380	,098	-,168	,479	,293	,210
V-Nmr	,674**	,001	,143	,549	,597**	,005
V-NdMs	,589**	,006	,160	,500	,570**	,009
V-LdMs	,249	,290	,400	,081	,072	,762
V-Prm	,855**	,000	,080	,738	,825**	,000
V-Prq	,852**	,000	-,060	,803	,864**	,000

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo planteado se llegó a la conclusión de que la falta de correlación entre la Humedad Satelital y las variables tanto de desarrollo como de producción puede atribuirse a varios factores, debido a que el satélite mide la humedad superficial del suelo, que puede no reflejar adecuadamente la disponibilidad de agua en las raíces de las plantas, además de otros elementos como la salud de la planta y posibles estreses hídricos.

Las diferencias entre las humedades del suelo y el rendimiento del banano pueden variar según las condiciones específicas de cada lote. Esto destaca la importancia de

adaptar las estrategias de monitoreo y gestión agrícola a las características individuales de cada área de cultivo.

Que la relación entre la humedad satelital y las variables biométricas puede ser más compleja de lo que se supone inicialmente, y podría requerir un enfoque más detallado y específico.

La falta de correlación puede indicar que otros factores, como la calidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes o las prácticas de manejo agrícola, podrían estar influyendo de manera mas significativa en las variables biométricas y el rendimiento del banano.

La detección de periodos críticos en la producción podría requerir un enfoque mas general que considere múltiples variables y factores que afectan al cultivo, en lugar de depender exclusivamente de la humedad satelital.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez García, H. (2022). Evaluación, análisis espacial y tratamiento de imágenes Sentinel 2. Índices de vegetación y humedad de la cuenca mediterránea andaluza. [Trabajo para obtencion de Maestría. Universidad Complutense Madrid, Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/73985>
- Frąckiewicz, M. (05 de Abril de 2023). Ts2. <https://ts2.space/es/el-uso-de-imagenes-satelitales-para-el-monitoreo-de-la-humedad-del-suelo/#:~:text=La%20humedad%20del%20suelo%20es,de%20manera%20r%C3%A1pida%20y%20precisa.>
- Galán Saúco, V., & Robinson, J. (2013). FISIOLÓGIA, CLIMA Y PRODUCCIÓN DE BANANO. *Agroislas*, 15. https://agroislas.com/wp-content/uploads/2021/02/Galan_Sauco_V_Robinson_JC_2013_Fisiologia_clima_y_produccion_de_banano_Acrobat_Brasil_43-57_15_p..pdf
- García Lopez, A., Cun González, R., & Lorenzo Montero, S. (2010). Efecto de la hora del día en el potencial hídrico foliar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 5. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000300002
- Hernández Mera, K. E. (2021). Análisis multicriterio de la dinámica de distribución de Mora (*Rubus niveus* Thonb) como especie invasora de la zona agrícola en Santa Cruz, Galápagos. [Tesis. Universidad Central del Ecuador, Galapagos, Pichincha, Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23047/1/UCE-FAG-HERNANDEZ%20KATHERINE.pdf>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (24 de Agosto de 2015). *Gobierno de Mexico*. <https://www.gob.mx/imta/articulos/estimacion-de-la-humedad-del-suelo-mediante-imagenes-satelitales>
- Largaespada, K., & Henríquez, C. (2015). Distribución espacial de la humedad y su relación con la textura en un suelo. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 12. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000300137
- Lestin Ruben, G. O. (2018). Evaluación de la humedad del suelo por medio de la sonda de reflectometría magnética (fdr) en el cultivo de banano. [Trabajo de Titulación. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador].
- Lopez Bravo, E., González Cueto, O., Hernández Pérez, L. M., & Herrera Suarez, M. (2021). Efectos en el suelo y la cepa de la actividad mecanizada en el cultivo de la caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(3), 9. <https://doi.org/http://orcid.org/0000-0002-2285-3413>
- Martínez Hernández, C. M., & Bermúdez Camacho, T. d. (2016). Caracterización de algunas propiedades físico- mecánicas y químicas en el banano (*Musa spp.*). *Centro Agrícola*, 43(3), 10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852016000300006&script=sci_arttext&tlng=en
- Martinez Varona, R. (2013). Efecto de riego deficitario controlado en la productividad del banano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 5. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000200009
- Ovando, G., de la Casa, A., Díaz, G., Díaz, P., Bressanini, L., & Miranda, C. (2021). Desempeño de diferentes índices de vegetación de Sentinel-2A para estimar el rendimiento de soja en agricultura de. *Agriscientia*, 38(2), 12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31047/1668.298x.v38.n2.25148>
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 4. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6739/6427>
- Sandoval García, R., González Cubas, R., & Jimenez Pérez, J. (2021). Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo en la Mixteca Alta Oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66), 26. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.816>
- Santi Ruiz, N. A. (2018). Análisis de uso del suelo a partir de las imágenes Landsat en el cantón el Empalme, provincia del Guayas, en el periodo 1998 – 2015 provincia del Guayas, en el periodo 1998 – 2015. [Proyecto de Investigación. Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Rios, Ecuador].
- Serrano Amaya, D. H. (2020). Estimación de la humedad superficial del suelo por medición indirecta y enfoque geométrico y estadístico con imágenes satelitales en una cuenca hidrográfica andina tropical colombiana. [Tesis de Grado. UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, Ibagué]. <https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/e7d4b312-cd4b-4b52-9832-a08a15803798/content>
- Vélez Zapata, H. M. (2021). Determinación de las curvas de retención de humedad de un suelo mediante diferentes metodologías para su aplicación en el manejo de riego. [Trabajo para obtención de maestría]. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/177694>

- Villatoro, B. (2021). Uso de índices de vegetación ndwi y msi obtenidos de imágenes satelitales sentinel-2 y landsat 8 para monitoreo de humedad, como indicador de momento óptimo de cosecha en caña de azúcar. *Cengicana*, 19. <https://cengicana.org/files/20200723113155764.pdf>
- Zapata Sierra, A. J., Conretras Paris, J. I., Usero, M., & Baeza Cano, R. (2015). Influencia de la textura del suelo en los bulbos húmedos desarrollados en suelo enarenado con emisores de riego localizado de bajo caudal. *Universitat Politècnica de València, Valencia* 2015, 11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4995/CN-Riegos.2015.1431>
- Zarate, E., & Kuiper, D. (2013). *Evaluación de Huella Hídrica del banana para pequeños productores en Perú y Ecuador*. Good Stuff International. http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/Reporte%20GSI_HH_Bananas_pequenos_productores.pdf

14

FOREST MANAGEMENT PROPOSAL IN “PUNTA LA CUEVA” FARM, CIENFUEGOS MUNICIPALITY

PROPUESTA DE ORDENAMIENTO FORESTAL EN LA FINCA “PUNTA LA CUEVA”, MUNICIPIO CIENFUEGOS

José R. Mesa Reinaldo¹

E-mail: jrmesa@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>

Gladys Vega Córdova²

E-mail: gladysvega849@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4973-1511>

Juan Manuel García Bacallao¹

E-mail: jmgarcia@ucf.edu.cu Teléfono: 43549846

ORCID: <https://orcid.org/>

Ileana Fernández Santana³

E-mail: ileana@jbc.cu

ORCID: <https://orcid.org/0006-0009-7254-4721>

Emilio Bermúdez Cuellar⁴

E-mail: daisyemilio66@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2784-8064>

Yudith Miranda Torres¹

E-mail: ymiranda@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9799-1186>

¹Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Provincia Cienfuegos.

²Cuerpo de Guardabosques Cienfuegos. MININT.

³Jardín Botánico de Cienfuegos. CITMA. Provincia Cienfuegos.

⁴CCS Dionisio San Román. ANAP Cienfuegos.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Mesa Reinaldo, J. R., Vega Córdova, G., García Bacallao, J. M., Fernández Santana, I. y Miranda Torres, Y. (2023). Forest Management Proposal in “Punta la Cueva” farm, Cienfuegos Municipality. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 108-118. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

ABSTRACT

With the objective of developing a forest management proposal, which would demonstrate the compatibility between different forms of agricultural production and forests, this work was carried out during the period from April to November 2022, on “Punta La Cueva” farm., Cienfuegos municipality, Cienfuegos province. For its development, an inventory of the forest biodiversity of the farm is carried out, the management developed on it and those that are compatible with forestry and livestock activities are identified. At the end of the work, a proposal is prepared for the organization of the forest area, the existing mangrove belt, the silvopasture area and the living fences, with which the forestry activity is reorganized, guaranteeing the confrontation with soil degradation and climate change, which constitutes the first proposal for forest management on a sustainable basis to the Peasant and Cooperative Sector of Cienfuegos, and will serve as a reference on the multifunctionality of the use of trees within agricultural systems. The obtained results to date are validated and it is determined that an annual economic impact equivalent to more than 988,656.30 CUP is achieved and 250.0 t of carbon are captured.

Keywords:

Climate change, sustainability, agroforestry.

RESUMEN

Con el objetivo de elaborar una propuesta de ordenamiento forestal, que permitiera demostrar la compatibilidad entre las diferentes formas de producción agrícola y los bosques, se desarrolló este trabajo, durante el período comprendido de abril a noviembre del 2022, en la finca “Punta La Cueva”, municipio Cienfuegos, provincia Cienfuegos. Para su desarrollo, se realiza el inventario de la biodiversidad forestal de la finca, se identifican dentro los manejos desarrollados en la misma y aquellos que resultan compatibles con la actividad forestal y la ganadería. Al concluir el trabajo, se elabora una propuesta de ordenamiento del área boscosa, de la faja de manglar existente, el área de silvopastoreo y las cercas vivas, con la que se reordena la actividad forestal, garantizando el enfrentamiento a la degradación de los suelos y el cambio climático, la cual constituye la primera propuesta de ordenamiento forestal sobre bases sostenibles al Sector Campesino y Cooperativo de Cienfuegos, y servirá de referencia sobre la multifuncionalidad del empleo de los árboles dentro de los sistemas agrícolas. Se validan los resultados obtenidos hasta la fecha y se determina que se alcanza un impacto económico anual equivalente a más de 988 656,30 CUP y se capturan 250,0 t de carbono.

Palabras clave:

Cambio climático, sostenibilidad, agroforestería.

INTRODUCTION

One of the biggest problems on the contemporary global agenda is climate change. It is unquestionable that its consequences for the planet can be catastrophic and that actions must be taken to reverse it, as well as to adapt to the scenarios it presents.

Taking into account this situation, agroforestry emerges as a productive alternative that contributes to the reduction of vulnerability and the impact of human activities on fragile ecosystems, since it creates a similar agroecosystem to the natural one before being intervened, protects soils from heavy rainfall, maintains the hydrological cycle and biological diversity, therefore, guarantees greater sustainability compared to systems such as monocrops (Torres et al., 2008).

Punta la Cueva farm is located on the road to the Hotel Punta La Cueva, km 3. It has a coconut plantation, with more than 45 years of exploitation, plantations of other fruit trees and various crops, a coastal area of 1, 0 km long, with a mangrove formation with associated forest that is highly anthropized and affected by climatic phenomena. It presents silvopasture areas with their perimeter fences and the lack of a coherent forest management policy is observed, although, a group of actions have been carried out to protect the mangrove, the associated flora to this formation and the remaining areas linked to the forestry activity. So, the objective of this work was to prepare a proposal for forest management of the farm and validate its fulfillment.

Body

MATERIALS AND METHODS

The research was carried out during the period from April to November 2022, on "Punta La Cueva" farm, Cienfuegos municipality, province of the same name. It is located at Latitude: 22.1160 and Longitude: -80.4269, in Punta La Cueva community, belonging to the Junco Sur neighborhood and is situated around the road to the Hotel Punta La Cueva.

To complete the research objectives, the following tasks were planned:

Study of forest biodiversity on the farm. Biodiversity inventory

To carry out the biodiversity inventory of forest and fruit species existing on the farm, the field work consisted of walking tours around the area with the objective to identify all the productive forms present, determining their extension as well as the different plant species in each one of them. For the identification of the present agroforestry methods, the proposal of Álvarez (2003) was taken into account.

In those areas where there are forest formations, an inventory was carried out using the method proposed by

Mostacedo and Fredericksen (2000), in which, within each piece of ground of 10 x 20 m, 3 sub piece of ground of 1m x 1m were built (to carry out the inventory of the natural regeneration of the forest) two located at each end and the third in the center of the parcel, in which all the species of the natural regeneration were identified and recorded.

In the case of living fences and boundaries, an inventory of biodiversity was carried out, with the objective to achieve the economic, ecological and social functions of sustainable use, considering that the appropriate distance to complete the tree plantation should be 2.0 m between each tree in the fence.

The identification of the vegetable species was carried out through:

- Participation in field inventories of specialists from the Cienfuegos Botanical Garden.
- Taking photographic samples of them.
- Collection, herbalization and subsequent consultation and identification.

The identification of the indicator forest species for the type of forest formation was carried out based on the descriptions of scientific works such as: León and Alain (1951; 1953 and 1957), Capote and Berazain (1984), Rodríguez et al. (1988) and Bisse (1998).

The determination of endemism and threat categories in the flora of the study area was carried out in the latest edition of the bulletin "The 50 most threatened plants in Cuba" (González et al., 2016).

The determination of invasive species was done taking into account the work of Ricardo and Herrera (2017).

The determination of the appropriate number of samples for the study was carried out through the species-area curve method.

The Importance Value Index (IVI) was calculated, which indicates how important a species is within the community. The species with the highest IVI means, among other things, that it is ecologically dominant, that it absorbs many nutrients, and that it occupies more physical space (Curtis & Macintosh, 1951). The formula that was used:

$$(1) \text{ IVI} = \text{AR} + \text{DR} + \text{FR}$$

Where:

AR (relative abundance) = (number of individuals of species *i*/total number of individuals of all species) x 100

DR (relative dominance) = (basal area of species *i*/basal area of all species) x 100

FR (relative frequency) = (absolute frequency of species *i*/total absolute frequency) x 100

Once determined, the weighted IVI Classification was applied to estimate the ecological value of a species, proposed by Aguirre (2013):

- IVI: 0 – 33% unimportant species in the community (PI)
- IVI: 34 – 75% important species in the community (I)
- IVI: 76 – 100% ecologically very important species in the community (MIE)

The percentage of reforestation of living fences (Pcv) was calculated using the following formula

$$(2) Pcv: \left(\frac{a}{a-b} \right) \times 100$$

Where:

a: corresponds to the average number of trees present in the sampled sections.

b: corresponds to the average number of absent trees in the sampled sections.

Identification of the management developed on the farm that is compatible with forestry activity

To identify the management developed on the farm, compatible with forestry activity, the behavior of the different base systems for agroforestry was defined, applying the definitions of Álvarez (2003).

The following aspects were taken into account:

- Soil management in protected forest areas.
- Use of agroforestry methods compatible with the social purpose of the farm and environmental sustainability.
- Use of forest and fruit species.
- Pruning cycles and diversification of species in living fences.
- Use of FONADEF economic incentives for agroforestry.

Proposal for forest management compatible with forestry activity for the farm

When carrying out the corresponding analysis for the forest management proposal, the following were taken into account:

1. the current regulations in Law 85. Forest Law of 1999 towards those areas with special regulations (Section Two, Article 35):
 - Protection zones (coastal belts, rivers and reservoirs hydroregulatory belts).
 - Areas with slopes susceptible to erosion (+ 10%).
 - Areas of interest for the defense of the country.
2. Those agroforestry activities that are financed by the National Forestry Development Fund (FONADEF) for state interest:
 - Financing of reforestation of living fences.
 - Planting trees in agricultural crop areas.
 - Planting dispersed trees in livestock areas.

Elaboration of thematic maps about the current situation and perspective of the farm

In the elaboration of the thematic maps of the different productive forms present on the farm, the route was carried out bordering each of the present productive forms and those areas that should be reorganized with the use of a Garmin 78 GPS.

Once the current planning was determined and how the area should look in the future, the office work was carried out with the use of the free Geographic Information System QGIS 2.18, Las Palmas de Gran Canaria version.

Assessment of the ecosystem services provided by the farm

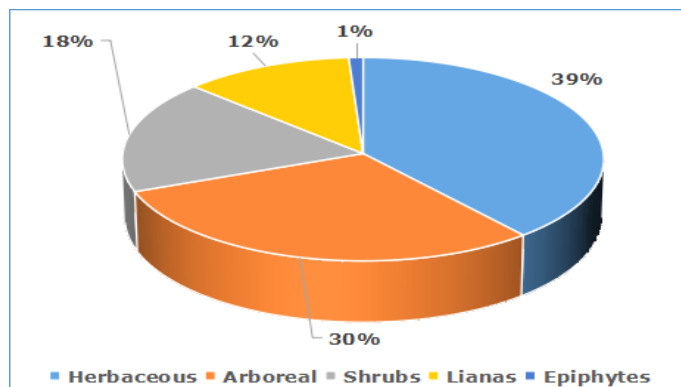
To carry out the evaluation of the ecosystem services provided by the farm, the ecosystem services provided by the farm and an economic estimate of the work were determined.

RESULTS AND DISCUSSION

Studies of forest biodiversity on the farm

When carrying out the study of forest biodiversity (Figure 1), a total of 67 plant species were identified, grouped into 33 families with the following life habits (%):

Figure 1. Behavior by life habit of forest biodiversity on the farm Punta La Cueva



As the herbaceous habit of life is the best represented in a forest ecosystem, it is indicative of a forest with low tree density, where open spaces with strong light intensity and abundant herbaceous species predominate, with incomplete tree occupation, no predominance on the forest soil of a natural tree regeneration and accentuated anthropization, which allows us to affirm that we are in the presence of a Forest with a high level of degradation.

These results coincide with those presented by Peri et al. (2017), which affirm that the density of regeneration allows us to differentiate between degraded and non-degraded communities, since null or little recruitment of tree species could produce significant changes in medium or long term on the recovery of native forest areas without upper

canopy cover; determining the different levels of degraded states.

When analyzing the behavior by forest biodiversity family on the farm, it was determined that the Malvaceae family was the most represented, with 8 species, followed by Boraginaceae with 6, and that there are 17 families, represented by a single species, which it endangers the biodiversity of the population, especially in an area close to the sea, where the climatic effects specifically cyclones become more notable. In contrast to the above, the most abundant families in relation to species richness do not group the majority of the individuals listed, as families were found represented by one or two species but with a large number of individuals, such as: Caesalpinaceae with only two species and a total of 59 individuals, typical behavior of ecologically altered forest areas and dominance of generalist or invasive species.

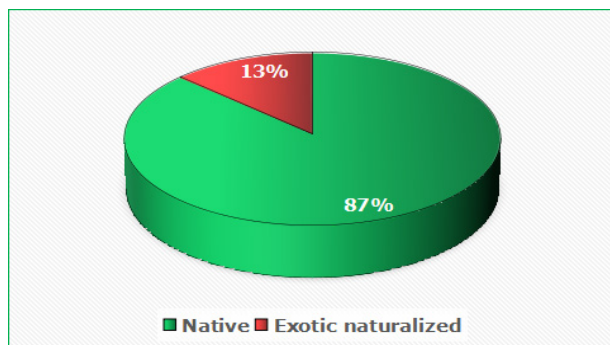
It is important to highlight that the predominance of herbaceous species observed, it is an indication of forest degradation and compromises the integral continuity future of the forest, since the competition developed for light and nutrients between small tree species and herbs has a negative impact in the mortality of young trees.

In this regard, Vistin, (2018) points out that anthropogenic actions increase the vulnerability of many plant species to adverse environmental conditions, also causing the creation of new habitats for other more general species such as exotic or invasive species.

Similar behavior was found by Jiménez, (2015) when studying the mesophilic semi-deciduous forest in the western sector of the “Sierra del Rosario” Pinar del Río biosphere reserve, where in the areas with the highest incidence of illegal cutting there was greater dominance of generalist species, which in conserved areas they are not dominant.

When studying the behavior of forest biodiversity in Punta La Cueva farm according to its origin (Figure 2), it was determined that a high percentage of the total species have the category of native, according to the classification criteria proposed by Acevedo and Strong (2012) and those of Greuter and Rankin, (2017).

Figure 2. Behavior of forest biodiversity according to its origin (%)



A total of 6 species classified as invasive are located in the studied population (Table 1), for 9% of the total. Knowing

which plant species behave as invasive in the national territory, which are most aggressive at the current time, threatening Cuban biodiversity, and which could constitute a threat in the near future increases the probability of success in prevention management, early detection and control of these biological invasions, elements taken into account by the authors when developing the proposal.

Table 1. Classification of the invasive forest flora of the farm

Family	Common name	Scientific name	Origin
Boraginaceae	Glue berry	Cordia alba (Jacq.) Roem. & Schult	Native
Bromeliaceae	Mouse pineapple	Bromelia pinguin L.	Native
Euphorbiaceae	Cardon	Euphorbia lactea Haw	Naturalized exotic
Fabaceae	Sweet acacia,	Acacia farnesiana (L.)	Native
Fabaceae	false tamarind or wild tamarind	Lysiloma latisiliquum (L.) Benth	Native
Mimosaceae	Marabou	Dichrostachys cinerea (L.) Wight.	Naturalized exotic

Source: Prepared by the author

Current state of the forested area

The forest formation present on the farm corresponds to the mangrove forest, a group of trees that have certain adaptations that allow them to survive and develop in waterlogged lands subject to saline or brackish intrusions. They are distributed along the coasts of tropical countries and within them the Caribbean region is a great example of their presence (Guzmán & Menéndez, 2013).

Cuban mangroves are fundamentally made up of 4 main species:

Red mangrove (*Rhizophora mangle* L); dark mangrove (*Avicennia germinans* (L.) Stearn); Pataban (*Laguncularia racemosa* (L) Gaertn.F.) and Yana (*Conocarpus erectus*, L).

In the most distant part of the water you can find other species such as false tamarind or wild tamarind (*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth), gumbo-limbo or copperwood, (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), Arabo (*Erythroxylum confusum* Britton), Caleta grape (*Coccoloba uvifera* (L.) L.) and Black Jucaro (*Terminalia buceras* Wr) (Guzman & Menéndez, 2013).

The sampling work carried out allowed us to determine that of the four main species that make up the mangroves, in the studied area only the red mangrove and black mangrove are present, the other two are absent.

Despite the importance of the coastal belts, it was determined that the coastal vegetation of the farm has suffered

a noticeable degree of deterioration due to natural disasters (hurricanes and climate change), anthropic factors (illegal cutting, fires) and the absence of guided management to restore, regulate and rehabilitate this formation.

Determination of the Importance Index

The Importance Value Index (IVI) was calculated, which indicates how important a species is within the community (Table 2). The species with the highest IVI means, among other things, that it is ecologically dominant, that it absorbs many nutrients and that it occupies more physical space (Curtis & Macintosh, 1951).

As a result of the work, it was possible to determine that:

- No species was classified as very ecologically important and the only species classified as ecologically important is not characteristic of this type of forest formation.
- The marabou is one of the main species present (not typical of it, invasive and exotic).
- There are two species that are not typical of the type of forest formation and are invasive (Brasilete and Marabou) and three species that are typical and crucial to this type of forest formation, which are poorly represented (Dark mangrove, Caleta grape and Carbon ebony).
- There is a total absence of two of the four typical mangrove species: Pataban and Yana.

Table 2. Behavior of the IVI of the tree species present in the mangrove

Species	Dr/esp (%)	Ar (%)	Fr (%)	IVI (%)	Clasif. IVI
Brasilete (tree)	2.72	27.31	8.33	38.37	Important
Marabou	3.51	12.96	16.67	33.14	Less important
Gumbo-limbo, Copperwood	8.13	13.89	8.33	30.35	Less important
Coconut	25.59	0.46	4.17	30.22	Less important
Glue berry	2.18	19.44	8.33	29.96	Less important
Black Jucaro	14.99	3.24	4.17	22.39	Less important
Black mangrove	7.93	4.63	8.33	20.89	Less important
Gumbo-limbo or copperwood	12.80	0.93	4.17	17.89	Less important
Arabo	1.51	2.78	8.33	12.62	Less important
Caleta grape	3.68	4.17	4.17	12.02	Less important
Brasilete (liana)	3.80	3.24	4.17	11.21	Less important

Carbonero ebony	2.79	4.17	4.17	11.12	Less important
Sweet acacia	2.84	1.39	4.17	8.40	Less important
Male Guairaje	3.51	0.46	4.17	8.14	Less important
Calypttran-tes bush	2.01	0.46	4.17	6.64	Less important
Simaruba(Paradise tree)	2.01	0.46	4.17	6.64	Less important
TOTAL	100	100	100	300	

Source: Prepared by the author

AR (relative abundance) = (number of individuals of species i/total number of individuals of all species) x 100

DR (relative dominance) = (basal area of species i/basal area of all species) x 100

FR (relative frequency) = (absolute frequency of species i/total absolute frequency) x 100

Behavior of natural regeneration due to lifestyle habits

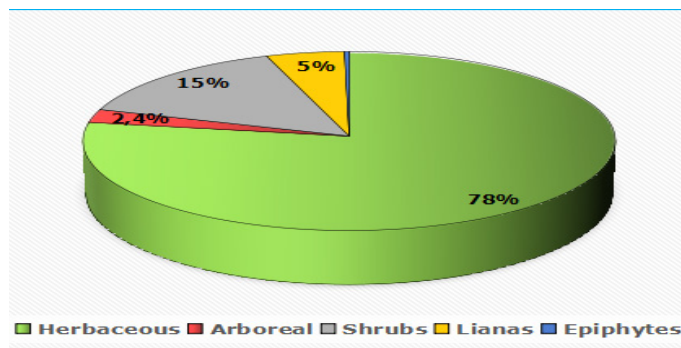
The behavior of natural regeneration in the area was studied (Figure 3), where it was observed that 77.6% of the species found correspond to herbaceous species and only 2.4% to the arboreal (tree) species, which may compromise natural regeneration.

Jiménez, (2015) suggests that anthropogenic disturbances can contribute to regulating the dynamics of regeneration, and therefore the structure and composition of tropical forests. These disorders can combine many factors and strongly affect the structure and quality of natural regeneration.

For all of the above, the authors consider that there is a high degree of anthropization of the mangrove forest, which has led to a high degree of degradation.

Menéndez, (2013) found similar results in his study on the state of mangroves in the Cuban archipelago, where their fragmentation and reduction is conditioned by unregulated wood extraction and the advance of the agricultural frontier.

Figure 3. Behavior of natural regeneration due to lifestyle habits



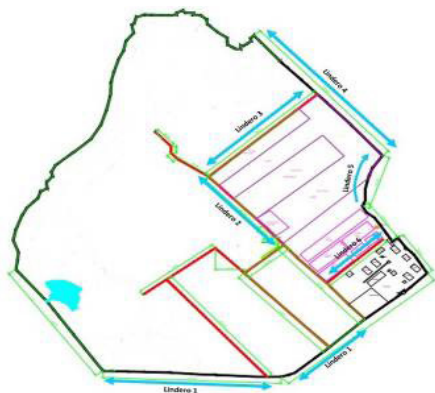
Current state of biodiversity in living fences

The survey and measurement of the existing living fences was carried out (Figure 4), taking into consideration the important role they play in the reforestation of the farms, since according to the wide traditional concept of living fence exposed by Reyes and Martínez (2011), today it is considered an agroforestry technique, which provides broad environmental, economic and social benefits to the owners, among which we can highlight the following:

- They achieve a clear and safe delimitation of the property.
- They act as protection barriers against winds.
- They reduce the economic costs of maintaining traditional fences.
- They increase the scenic beauty of the farm, which contributes to improve the landscape.
- They contribute to achieve connectivity between the forest patches and the different areas of the farm, becoming vegetation corridors that allow shelter to the birds.
- They provide derived forest products (poles, firewood, pollen and fruits).

Nowadays, it was determined that there is a total of 900.30 m (0.90 km) of fences throughout the farm area, distributed according to the different established forms of production.

Figure 4. Inventory of live fences



The floristic inventory of the living fences and boundaries was carried out, where a total of 10 tree species were identified, grouped into 9 botanical families and 8 genres (Table 3). For this, the identification of indicator forest species for the type of forest formation present was carried out.

Table 3. Biodiversity and classification of species used in living fences

Family	Common name	Scientific name	Distribution	Category
Areca-ceae	Coconut	Cocos nucifera L.	Naturalized Exotic	

Boraginaceae	Glue berry	Cordia alba (Jacq.) Roem. & Schult.	Native	invasive
	American Glue berry	Cordia collococca L.	Native	
Burseraceae	Gumbo-limbo or copperwood	Bursera simaruba (L.) Sarg.	Native	
Fabaceae	False tamarind or wild tamarind	Lysiloma latisiliquum (L.) Benth.	Native	invasive
Mimosaceae	Marabou	Dichroscachys cinerea (L.) Wight. Arn.	Naturalized Exotic	invasive
Moraceae	Roxburgh fig	Ficus auriculata Lour.	Naturalized Exotic	
Moringaceae	Moringa	Moringa oleifera Lam.	Naturalized Exotic	
Sapindaceae	Plum	Spondian sp.	Native	
Sapotaceae	Satinleaf	Chrysophyllum oliviforme L.	Native	

Source: Prepared by the author

The Percentage of reforestation of living fences (Pcv) was determined, that reached a value of 53.3%, which means that only 53% of them has been planted: 267 trees of 500 that should have existed for each km on the fences.

In addition to the above, the Participation Percentage of tree species in the farm's living fences was calculated (Table 4) and some characteristics of these species were identified. The plum stands out as the dominant species on the fences.

Table 4. Percentage of participation of tree species in the farm's living fences

Species	% participation
Plum	39
Coconut	17
Gumbo-limbo or copperwood	11
False tamarind or wild tamarind	11
Marabou	11
Coral bean	5
Glue berry	2
Satinleaf	2
American glue berry	1
Moringa	1

Source: Prepared by the author

Among the main characteristics of the species present in living fences, the following can be noted:

- Plum: loses its leaf at one season of the year (dominant in the tree planting of the farm fences).
- False tamarind or wild tamarind: considered an invasive species.
- Coral bean: contraindicated by MINAG because it is considered toxic.
- Glue berry: considered an invasive species. (*Cordia obliqua*)
- Marabou: considered an invasive species, it does not provide food for fauna.

This means that there has not been a policy for the use of appropriate species for this activity.

Other characteristics of the farm's live fences were also determined, including the following:

- Incomplete reforestation.
- Use of inappropriate species (they lose their leaves at one season of the year, do not provide food for wildlife, contraindicated by MINAG, exotic species, invasive species).
- Borders with a single species.
- Inadequate pruning management (pruning without taking into account the phenology of the species, of all trees on the same date).

This scenario differs from that described by Reyes and Martínez, (2011) for most of the live fences in Central America, where a notable heterogeneity of species predominates, achieving scenic beauty and diversified production.

Agroforestry management developed on the farm compatible with its social objective

Three agroforestry management systems were determined on the farm:

Silvopasture

When analyzing the silvopasture structure of the farm, it was determined that:

- There is a total of 7.67 ha in the cattle management regime under the main crop of the farm (Coconut), combined with low quality natural pastures and the presence of invasive species.
- The main crop is incompletely occupied and with pests on some plants.
- The system for using the main crop is inadequate, contraindicated by forestry legislation and facilitates the entry of pests and diseases into the plants.

- Inadequate application of weed control (to the main crop).
- Invasion of undesirable plants in the main crop areas, mainly White Aroma and Marabou.

Living fences

There are 0.90 km of fences in the entire area of the farm with incomplete tree planting and only responding to the economic objective, about that was explained previously.

Forest areas

The geomatic survey work carried out allow to determine the existence of 3.08 ha of forests, corresponding to the Mangrove type, with a high degree of anthropization and degradation, which also presents an incomplete structure, absence of two of the four typical mangrove species (Pataban and Yana), where the marabou constitutes one of the main species present (not typical of it, invasive and exotic) and the black mangrove, the Caleta grape and the Carbon ebony (key species in this type of formation) are poorly represented .

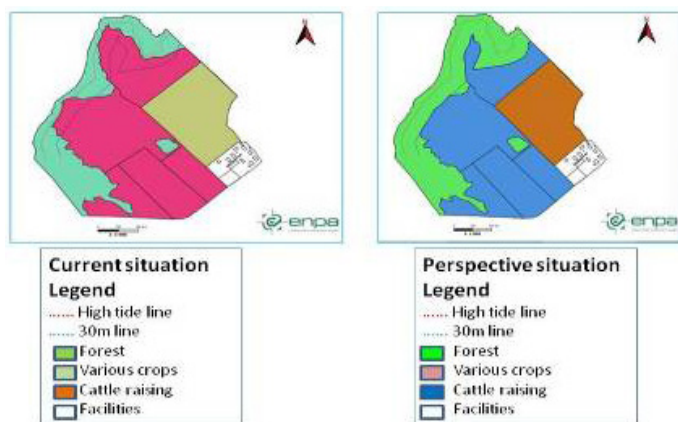
Although the forests in coastal areas have been declared Coastal Protective Forests by Law No. 85. Forest Law (Chapter IV OF FORESTS AND THEIR CLASSIFICATION, Article 20), those belonging to the property are not properly protected. The aforementioned Law, in Chapter V (FOREST MANAGEMENT), second section (Forestry and Reforestation), article 35, states that: Reforestation will be mandatory on the lands that form the coastal belt and Chapter IV, article 43, states that: The afforestation and reforestation of forest belts is the responsibility of the administrators or owners of the areas in which they are located, for which they will prepare the corresponding program, that will be approved and its execution controlled by the Municipal SEF.

Development of a forest management proposal compatible with the corporate purpose of the farm

Preparation of thematic maps

To prepare the thematic maps of the different productive forms present on the farm, the route was carried out bordering each area and those that should be rearranged with the use of a GPS. Once the current arrangement was determined, and established how the area should be in the future (after consulting with the usufructuary), office work was carried out. It allowed the preparation of thematic maps of each forestry activities, based on the current situation and the proposed perspective situation elaborated for the farm (Figure 5). This proposal starts from the tide line, to suggest an increase in the forested area and the km of living fences, taking into account the use of suitable species for the activity and silvicultural management of the area.

Figure 5. Proposal for forest management of the farm



The different parts that make up the proposal are detailed in Table 5:

Table 5. Current and future distribution of land use on the farm

Indicator	Current situation	Perspective situation	Difference
Wooded area (ha)	3,08	4,01	+ 0,93
Silvopasture area (ha)	7,67	6,74	- 0,93
Kilometers of living fences (km)	0,93	2,03	+ 1,1
Various crop area (ha)	2,5	2,5	-
Facilities (ha)	0,61	0,61	-
TOTAL	13,86	13,86	-

Source: Prepared by the author

Proposal for arrangement the forest area

This proposal, among other important aspects, considers the transformations in the agricultural activity of the farm shown:

1. Extend the forested surface until completing the width of the coastal belt required by current forestry legislation (Law No. 85), 30 m wide from the normal water level (0.93 Ha).
2. Reforest the arboreal area with species typical of the Mangrove Forest type.
3. Development of a technical nursery to guarantee the production of the necessary species, typical of the mangrove.
4. Eradicate from the Mangrove those exotic and invasive species that compromise its original composition.
5. Present to CITMA a project that approves the reforestation of the coastal belt on a scientific basis and its execution can be financed through the Territorial Program of Science, Technology and Innovation-01: Environmental Management for Sustainable

Development in Cienfuegos, led by the CITMA Delegation.

6. Present to the SEF a project that supports the reforestation of the forest and its execution can be financed through FONADEF.
7. Establish criteria and indicators that allow monitoring of its reforestation and structure.

The proposal of species to be used for the reforestation of the mangrove was made, proposing the following:

- Dark mangrove
- Pataban
- Yana
- Black jucaró
- Arabo
- Carbon ebony
- Gumbo-limbo or copperwood
- Caleta grape
- Majagua of Florida

This proposal coincides with that made by Moreno et al. (2021) by stating that forests subject to good forest management increase forest mass, recover degraded areas, capture a large amount of carbon and protect soils from erosion.

Proposal for arrangement the silvopasture area

1. Prioritize coconut plantation as the main crop and livestock farming as aggregated value.
2. Achieve complete occupation of the main crop.
3. Eliminate trees with pests and replace those that have decreased their production.
4. Establish a maintenance program that guarantees the elimination of undesirable weeds and invasive plants.
5. Establish a harvesting system that does not damage the plants.
6. Present to the SEF a project that supports the use of trees in crop areas and its execution can be financed through FONADEF.

For Moreno et al., (2021) adequate management of silvopasture is justified because traditional livestock farming is an important economic activity that provides food, employment and economic security to billions of people, but is associated with deforestation, erosion, loss of biodiversity, degradation of pastures and greenhouse gas pollution.

Proposal for the arrangement of living fences

1. Increase the survival rate of fence arborization and complete their reforestation.

2. Use species with the appropriate characteristics for this purpose.
3. Achieve species diversity in all living fences.
4. Eradicate exotic and invasive species from fences.
5. Establish a pruning program where the entire fence is never pruned at the same time and the phenological cycle of the trees is respected.
6. Present to the State Forestry Service (SEF) a project that supports the use of trees in living fences and its execution can be financed through FONADEF.

The proposal of species to be used to complete the living fences was made, which includes the following:

Gliricilia sepium (Quickstick)

Bursera simaruba (Gumbo-limbo or copperwood)

Cordia alliodora (American Glue berry)

Spondias mombin (Jobo)

Guazuma ulmifolia (West Indian Elm)

Samanea saman (Rain Tree or Monkey pod)

Anacardium occidentale (Cashew)

Chrysophyllum oliviforme (Satinleaf)

Moringa oleifera (French Paradise, Moringa)

Reyes and Martínez, (2011) state that living fences are important habitats for the biodiversity conservation, especially those that have a greater species diversity and structure, attributes that must be increased to improve their ecological functions.

Assessment of the ecosystem services provided by the farm

An analysis of the ecosystem services that the farm provides and an economic estimation of the work was carried out.

1. The main ecosystem service was the *In situ* forest biodiversity Conservation of a natural forest associated with the existing mangrove formation on the farm, with a biodiversity of 66 plant species, belonging to 33 botanical families and 58 genre. Which was heavily anthropized, with the typical behavior of ecologically altered forest areas and dominance of generalist or invasive species, in which work is currently being done to reverse this situation.
2. The production of food and medicinal plants constitutes another important ecosystem service related to the existence of the farm, whose products are delivered through the CCS and direct sales to Acopio and other organizations.
3. Work is underway to implement an Agrotourism Project by the FCEE, the MINTUR and the FCA, aimed at promoting the service of Agroecological Tourism, environmental education and healthy recreation, related to

the beauty of its natural spaces and the richness of its flora and fauna, in which excursions and hiking can be carried out.

4. There is a legacy or inheritance value, an ecosystem service that reflects the usefulness of preserving a certain estate for the enjoyment of future generations, in this case, the conservation of plants species and fauna present in the mangrove and knowledge associated with its use, care and the protection it provides as a border of agricultural areas.
5. An important environmental service has resulted in the improvement of the physical, chemical and microbiological properties of the farm's soils verified through laboratory analysis, which is not economically quantifiable, but has a significant environmental impact.
6. It also provides the service of Environmental Education, given by the development of an Interest Circle formed with children from the Community and a University Classroom, with an Agreement signed by the Rector and the President of the CCS, in which students from Agronomy and other Agricultural Sciences Faculty specialties do their practices.

Impacts

The impacts of the work carried out on the farm have not been fully quantified economically, but from an environmental point of view, the following were determined:

1. The Geomatic survey of the existing mangrove formation on the farm was carried out; The existence of 3.08 ha of forests was determined, corresponding to the Mangrove type, with a high degree of anthropization and degradation, which also presents an incomplete structure, absence of two of the four typical species of the Pataban Mangrove (*Laguncularia racemosa*) and the Yana mangroves (*Conocarpus erectus*), where the marabou constitutes one of the main species present (not typical of it, invasive and exotic), and the black mangrove, the Caleta grape and the Carbon ebony (key species in this type of formation) are poorly represented. A proposal was prepared for the recovery of the mangrove and the coastal belt, and reforestation actions of the associated forest were initiated, with forest formation typical species.
2. The botanical classification was carried out taking into account the importance of the species located in this forest formation. It was determined that there are a 52 naturalized species, 10 exotics and 4 endemics, of all these, 6 are invasive, so a proposal is made for their elimination.
3. The food Production value and medicinal plants was determined, products that are delivered through the CCS, direct sales to Acopio and other organizations. They reach the annual value of more than 400,000 CUP per year.
4. The calculation of the increase in biodiversity indicators and forest cover on the farm is equivalent to

- 12,719.48 USD (the unit price of 4,129.70 USD/ha is adopted according to Rangel et al. (2012), for the technique of replacement costs, multiplied by the Mangrove area of 3.08 ha and associated forest, whose total value was estimated at 305,267.42 CUP at the official exchange rate in 2023.
5. The calculation of Carbon Retention on the farm was carried out, which reaches the number of 250.0 t, applying the methodology proposed by Rüginitz et al. (2009).
 6. Value of CO₂ retention: 7 500.00 USD. (as a reference price for the ton of carbon retained, 30 USD/t is taken, according to the International Carbon Action Partnership (ICAP 2020) and multiplied by the carbon retention, which represents a value of 180,000.00 CUP per current official exchange rate.
 7. Value of pharmaceutical potential: To calculate this indicator, the methodology of Rangel et al. was adopted. (2013), assuming the price of 2 461.64 USD/ha, based on the gross profit method, multiplied by 1.75 ha of plants with medicinal properties in the ecosystem, which corresponds to a value of 4 307.87 USD, equivalent to 103,388.88 CUP at the current official exchange rate.
 8. An important environmental service has resulted in the improvement of the physical, chemical and microbiological properties of the farm's soils, verified through laboratory analysis, which is not economically calculable, but has a significant environmental impact.
 9. These results represent an annual impact equivalent to more than 988,656.30 CUP, in addition to the results that could not be accounted such as: the legacy value that is produced, the value of the area's tourism potential and the other environmental impacts achieved.

The farm has become a carbon drain, in total correspondence with Strategic Actions 3 and 4 of the Life Task and Objectives 13 and 15 of the 2030 Agenda. The results of the territorial Danger, Vulnerability and Risk (PVR) studies have been taken into account, as well as, the state plan to face climate change LIFE TASK by having the farm with a belt of 1.0 km of highly anthropized mangrove, unprotected coastal area with possibilities of saline intrusion and floods, which requires a deep rehabilitation work, an action on which we are working.

Actions developed to date

- Production of Caleta Grape seedlings and start of reforestation.
- Preparation of a technical nursery to guarantee the production of the necessary species, typical of the mangrove and the remaining areas.
- Delimitation of the area to be reforested and introduction of Gumbo-limbo or copperwood, Caleta grape and other species in it.

- Contacts with the JBC, Flora and Fauna for the reproduction of the species to be introduced in the area associated with the Mangrove, which do not exist on the farm.
- Inventory of trees scattered in the pastures to determine whether or not they remain in the area, depending on their occupation category and elaborate a proposal for the introduction of other species.
- Determination of ecosystem services and their economic impact.

With these three proposals for forestry activity, there must be a total reorganization of the activity within the farm, on a sustainable basis and assuring the confrontation with soil degradation, climate change on the farm and the community in general. It constitutes the first proposal for forest management on a sustainable basis to the Peasant and Cooperative Sector of Cienfuegos province, and will serve as a reference on the multifunctionality of the use of trees within agricultural systems.

CONCLUSIONS

There are 67 species from 33 families was determined in the forest area, with 6 of them invasive.

A mangrove forest is presented where the coastal vegetation has suffered a marked degree of deterioration due to natural disasters (hurricanes and climate change) and anthropogenic factors (illegal cutting, fires).

There are 900 m of living fences with 53.3% reforested and 10 species, 50% of them inappropriate for this agroforestry technique.

The Silvopasture area has low quality pastures and presence of invasive species.

An annual economic impact equivalent to more than 988,656.30 CUP is achieved and 250.0 t of carbon are captured.

A Proposal is elaborated for the Reordering of forestry activity on a sustainable basis and the developed actions to date are validated.

BIBLIOGRAPHY

- Acevedo-Rodríguez, P., & Strong, M. (2012). Catalogue of seed plants of the West Indies. – *Smithsonian Contr. Bot.* 98.
- Alvares, P. (2003). Introducción a la agrosilvicultura. Universidad de Pinar del Río, Cuba. Pp 200
- Bisse, J. (1998). Árboles de Cuba. Editora Científico-Técnica. Ciudad de la Habana.
- Capote, R., & Berazaín, R. (1984). Clasificación de las Formaciones Vegetales de Cuba. *Revista Jardín Botánico Nacional*. Universidad de la Habana, 5 (2), 26-37.

- Curtis, J., & McIntosh, P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border Region of Wisconsin. *Ecology* 32, 467-496.
- González Torres, L.R., Palmarola, A., González Oliva, L., Bécquer, E.R., Testé, E., & Barrios, D. (2016). Lista roja de la flora de Cuba. *Bissea* 10 (número especial 1): 1-352.
- Greuter, W., & Rankin, R. (2017). Plantas Vasculares de Cuba. Inventario preliminar. Segunda edición actualizada, actualizada, de Espermatófitos de Cuba con inclusión de los Pteridófitos. Botanischer Garten & Botanisches Museum Berlin Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana.
- Guzmán, J., & Menéndez, L. (2013). Protocolo para el monitoreo del manglar. Centro Nacional de Áreas Protegidas. La Habana.
- Jiménez, A. (2015). Contribución a la ecología del bosque semidecíduo mesófilo en el sector oeste de la Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario”, orientada a su conservación. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales]. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”.
- León, H. & Alain, H. (1951). Flora de Cuba. Vol. II. Contr. Mus. Hist. Nat. Colegio de La Salle, No. 10, Imp. P. Fernández y Cía.
- León, H. & Alain, H. (1953). Flora de Cuba. Vol. III. Contr. Mus. Hist. Nat. Colegio de La Salle, No.13, Imp. P. Fernández y Cía.
- León, H. & Alain, H. (1957). Flora de Cuba. Vol.IV. Contr. Mus. Hist. Nat. Colegio de La Salle, No. 16, Imp. P. Fernández y Cía.
- Ley 85 de 1998 (1998, 31 de agosto). Ley Forestal de Cuba. Gaceta Oficial No. 46, Ordinaria. <https://www.onrm.minem.cu/registro/pdf/Ley%2085%20Ley%20Forestal.pdf>
- Menéndez, L. (2013). El ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: Bases para su gestión. [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales]. Universidad de Alicante.
- Moreno Calles, A. I., Soto Pinto, M. L., Cariño Olvera, M. M. Palma García, J. M., Moctezuma Pérez, S., Rosales Adame, J. J., Montañez Escalante, P. I., Sosa Fernández, V. de J., Ruenes Morales, M. del R., & López, W. (2021). Los Sistemas Agroforestales de México: Avances, experiencias, acciones y temas emergentes. Red Temática de Sistemas Agroforestales de México (Red SAM) <http://red-sam.org>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 10-12. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000>
- Peri, P.L., López, D.R., Rusch, V., Rusch, G., Rosas, Y.M., Martínez Pastur, G. (2017). Relevamiento de bosque nativo sin cobertura de dosel superior de Santa Cruz como base para implementación de restauración activa. VI JORNADAS FORESTALES PATAGÓNICAS. El rol de los bosques en un mundo diferente. ID: 121. <http://www.jornadasforestalespatagonicas.com.ar>
- Reyes, J., & Martínez, C. (2011). Establecimiento y manejo de cercas vivas. Fundación Produce Sinaloa. México.
- Ricardo, N., & Herrera, P. (2017). Especies vegetales exóticas y nativas que invaden ecosistemas vulnerables en Cuba. Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Rodríguez, S., Rodríguez, J., & Pérez, L. (1988). Plantas indeseables en el cultivo de la caña de azúcar. Editora Científico-Técnica.
- Torres, J., Tenorio, A., Gómez, A., Aquino, S., Ferradas, P., Viela, A., Ramirez, E., Castillo, R., & Ishuiza, G. (2008). Agroforestería: una estrategia de adaptación al cambio climático. Propuesta de adaptación tecnológica del cultivo de café y cacao en respuesta al cambio climático en San Martín. Editorial Soluciones Prácticas-ITGD.
- Vistin, A. (2018). Propuesta de rehabilitación forestal del bosque siempre verde montano en la comunidad de “Guangras” Parque Nacional Sangay, Ecuador. [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales]. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”, Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias. Centro de Estudios Forestales.

15

FORMACIÓN EN CULTURA AGROECOLÓGICA EN LA FINCA PUNTA “LA CUEVA”

AGROECOLOGICAL CULTURE TRAINING AT PUNTA “LA CUEVA” FARM

Jorge Luis Prieto Duarte¹

E-mail: jlpuarte@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4306-9337>

José Ramón Mesa Reinaldo¹

E-mail: jrmesa@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>

Emilio Bermúdez Cuellar²

E-mail: emermudezcuellar71@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2784-8064>

¹Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cienfuegos.

²Productor CCS Dionicio San Román. Cienfuegos. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Prieto Duarte, J. L., Mesa Reinaldo, J. R., Bermúdez Cuellar, E. (2023). Formación en Cultura Agroecológica en la Finca Punta “La Cueva.” *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 119-126. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La producción de alimentos es una prioridad mundial y en Cuba. El objetivo de la investigación es la transformación del entorno productivo en la comunidad Punta “La Cueva” con el desarrollo de competencias digitales que permitan buscar información actualizada, generar contenidos digitales con las mejores experiencias y compartir estos resultados, para transformar las formas de gestión sobre la base de una cultura agroecológica sostenible, fundamentada en el empleo de la Herramienta de Evaluación del desempeño agroecológico (TAPE, FAO 2021). Para el diagnóstico se utilizaron instrumentos de recolección de datos y diferentes métodos de investigación. Los resultados del diagnóstico demostraron que existen deficiencias en el dominio de las competencias digitales y en la aplicación de acciones agroecológicas. En el trabajo se propone un programa teórico práctico, que permitirá la extensión de las mejores experiencias y consolidación progresiva de la gestión productiva de las unidades. Los resultados para la etapa demuestran en el empleo de las acciones planificadas para recuperar los agroecosistemas agrícolas vinculados al proyecto y los incrementos en los rendimientos agrícolas con la extensión de las mejores experiencias y la aplicación de los resultados de investigaciones vinculadas a centros productores de ciencia.

Palabras Clave:

Formación de capacidades, rendimientos agropecuarios, experiencias técnicas, competencias digitales, acciones agroecológicas.

ABSTRACT

Food production is a global priority and in Cuba. The research aimed the productive environment transformation in the Punta “La Cueva” community with the development of digital skills that allow searching for updated information, generating digital content with the best experiences, and sharing these results to transform the forms of management based on a sustainable agroecological culture, based on the use of the Agroecological Performance Assessment Tool (TAPE, FAO 2021). Data collection instruments and different research methods were used for the diagnosis. The results presented deficiencies in digital skills proficiency and the application of agroecological actions. A practical theoretical program is proposed, which will allow the extension of the best experiences and progressive consolidation of the productive management of the units. The results for the stage corroborate the use of planned actions to recover the agricultural agroecosystems linked to the project and the increases in agricultural yields with the extension of the best experiences and the application of the research results linked to science production centers.

Keywords:

Capacity building, agricultural yields, technical experiences, digital skills, agroecological actions.

INTRODUCCIÓN

En los últimos lustros el comportamiento inestable de las variables climáticas en nuestro país según el GNAUSF (2020), ha generado manifestaciones como eventos climáticos extremos que han generado prolongadas sequías e intensas lluvias lo que ha provocado la generación por parte de especialistas de la agricultura de sistemas de producción que garanticen niveles de resiliencia y adaptación a las condiciones de los agroecosistemas agropecuarios actuales, introduciendo elementos de economía circular.

En las áreas vinculadas al proyecto hasta donde se ha logrado indagar no se conocen experiencias anteriores que se enfocaran en accionar sobre cómo transformar la realidad actual de los agroecosistemas de la Cooperativa de Créditos y Servicios Dionisio San Román, ni del empleo de innovaciones, ni prácticas agroecológicas sostenibles que garanticen la recuperación de las condiciones naturales y la fertilidad de los suelos. Conociendo lo que plantea García, et al., (2018), entendemos que es importante según las condiciones de los sistemas productivos y la fertilidad de los suelos en Cuba, realizar adecuaciones al modelo productivo que empleamos en la actualidad y adoptar uno que este en armonía con el cuidado del medio, la explotación adecuada de los recursos naturales y que tenga en cuenta los servicios agroecosistémicos. Para conseguir este objetivo la presente investigación pretende formar una cultura agroecológica en decisores, productores y sus familias en coherencia con el modelo de producción agroecológica que permita realizar aportes a la soberanía alimentaria y la educación nutricional.

Para lograr el tránsito hacia la producción de alimentos de manera sostenible según plantea Tifton P. (2019) se deben aplicar principios agroecológicos para lo cual se necesita de transformaciones simultáneas en las siguientes dimensiones: cultural, económica, social, biológica, política e institucional.

Teniendo en cuenta lo que propone González, et al., (2021), es necesario tener presente que el hombre desde su aparición como ser vivo se ha visto obligado a modificar el estado natural que le rodea en función de obtener los alimentos que necesita para vivir, la raza humana está obligada a lograr que esta modificación del medio sea coherente con políticas de sostenibilidad, el cuidado del medio ambiente y la recuperación sobre bases agroecológicas de los suelos como premisa fundamental para mantener la vida en el planeta.

En la investigación se toma como punto de partida los resultados alcanzados en el diagnóstico inicial realizado con la aplicación de la metodología TAPE 2021 con el objetivo de caracterizar los sistemas productivos en las dimensiones ambiental, social, cultural, de salud y nutrición, económica y de gobernanza de la sostenibilidad para apoyar transiciones agroecológicas a diferentes escalas y apoyar la formulación de políticas de agroecología específicas del contexto objeto de estudio.

También se diagnosticaron a todas las personas que se verían vinculadas a las acciones de transformación de los entornos productivos, así como el dominio de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs), muy utilizadas en la actualidad, pero con reservas en su empleo como elemento para la búsqueda de información en fuentes confiables, la extensión agrícola de las mejores experiencias productivas y la comunicación entre productores, investigadores y decisores de las políticas productivas, destacando el dominio de las competencias digitales sustentadas en las posibles carencias para identificarlas y generar acciones de formación de capacidades necesarias para enfrentar el contexto actual y lograr resultados positivos, articulando con las indicaciones para impulsar los programas de producción de alimentos.

Las formas productivas donde se desarrolló la investigación pertenecen a la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) del municipio Cienfuegos en la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Dionisio San Román”, como se puede observar en la figura 1, la misma cuenta con un área total de 1 052.39 ha, distribuida en 144 propietarios de fincas (109 hombres y 35 mujeres), de la cual se dedican 101 ha a la producción de frutales y tributan sus producciones al Consejo popular Buena Vista, con una población aproximada de 15 400 habitantes.

Figura 1. La Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Dionisio San Román



Fuente. google map, imágenes 2023, Airbus CNES

Existe en la comunidad de productores asociados a esta cooperativa el interés y la disposición para generar acciones de cambios en el modelo productivo a aplicar en las áreas de sus formas productivas que garanticen la recuperación de los suelos y con ello su fertilidad natural, para potenciar resultados productivos empleando elementos de economía circular y gobernanza climática.

En la actualidad la formación de personal calificado es potenciado por la dirección del país y según el Ministerio de Educación Superior (MES, 2017) es una fortaleza vincularlos a la transformación de los entornos productivos, en la investigación se encuentran vinculados estudiantes de la carrera de ingeniería en agronomía de la universidad de Cienfuegos, que en su formación en el plan de estudio E reciben un aumento en el componente práctico como elemento indispensable para desarrollar habilidades profesionales que garanticen la integralidad de su formación.

La investigación se realizó en el período del febrero 2021 a octubre 2022 ajustándose su desarrollo en tres etapas, una inicial de diagnóstico de todas las formas productivas aplicando la herramienta TAPE (2021) de la FAO para la evaluación de los entornos productivos y la elaboración de una propuesta para lograr la formación de capacidades que permitieran la aplicación de innovaciones agroecológicas como parte de la forma de hacer de los productores, en una segunda etapa se dio seguimiento a la propuesta de mejora de las condiciones sobre la base de los principios agroecológicos propuestos por la FAO y el crecimiento productivo de las formas productivas.

Se desarrollaron acciones de formación de capacidades para el empleo de las TIP como elemento dinamizador de las mejores experiencias sobre la base del conocimiento y uso de las tecnologías disponibles.

DESARROLLO

Conociendo que Vázquez, (2022), se refirió a la transformación agroecológica y sus valoraciones destacaron que no se debe limitar a diseñar y manejar sistemas de producción agropecuaria a nivel de los territorios, sino que debe ir más allá, debe incidir sobre la transformación de los paisajes de los agroecosistemas sobre la base de una articulación de todos los componentes que tienen el encargo social para que esto se gestione sobre la base de las legislaciones establecidas y fundamentadas en la ciencia y la innovación. La FAO propuso la herramienta TAPE en el 2021 para que se generalizara su utilización en la valoración sobre las transformaciones agroecológicas de las formas productivas y para generar evidencias de la eficacia del empleo de esta forma de hacer agricultura que es la agroecológica.

Esta transformación también tiene que llegar a la forma de pensar y hacer la agricultura por nuestros productores, es necesario para garantizar la recuperación de los suelos y la mejora de los ecosistemas destinados a la producción agropecuaria, lo que fue mencionado por Guzmán & Brito (2018), destacando la necesidad de una mirada desde la cultura existente en nuestra población de la manera de hacer producir nuestros suelos y buscar las respuestas en la ciencia y la innovación convirtiéndolos en polígonos de investigación, constituyendo una posibilidad de

formación de capacidades desde un contexto cercano a la realidad de las comunidades.

La influencia que hoy ejercen los cambios en el clima generados por procesos que no es posible controlar afectan de forma significativa las producciones agrícolas, pero existen ejemplos que demuestran que bajo las condiciones actuales se pueden lograr resultados positivos con lo que coincide Almogoea, (2021) destacando la necesidad de realizar acciones de extensionismo con las experiencias que se vienen acumulando con resultados productivos, destacando las condiciones necesarias, los recursos empleados en las experiencias para que se constituyan a su generalización elevando los rendimientos, la calidad de las producciones agropecuarias y por ende contribuya a la soberanía alimentaria.

La investigación se desarrolló por etapas donde se diagnosticaron y caracterizaron todos los indicadores de las formas productivas, determinando las barreras que impiden resultados en la producción de alimentos, se elaboró un programa de capacitación que se sustentó en el desarrollo de competencias para el uso de las TICs y la producción de alimentos sobre bases agroecológicas, buscando relacionar las mejores experiencias existentes en la cooperativa y convertirlas en alternativas de producción agropecuarias sostenible, resiliente y bajo principios de economía circular; para lo que se diseñaron dos cursos; uno que permitió conocer todas las potencialidades de la TICs, entregarles herramientas digitales y ejercitar su uso para que conocieran como las podían emplear de forma óptima en función de la producción de alimentos y un otro de actualización técnica sobre el manejo del potencial bioproductivo que tienen en la localidad, la introducción de variedades más resistentes y productivas sobre la base de las condiciones típicas de las formas productivas y las características de los agroecosistemas predominantes en la zona, el manejo de plagas y enfermedades de los cultivos con el empleo de medios biológicos, la producción de fertilizantes orgánicos, la forma adecuada de aumentar las producciones y la mejor forma de llevarlos a las plantas, apoyado en el empleo de la información actualizada entregada por los principales centros de investigación de nuestro país a las formas productivas.

La estrategia propuesta se sustentó también en la formación de capacidades para la utilización de la herramienta para la Evaluación del desempeño agroecológico (TAPE, FAO 2021). El trabajo se desarrolló en la CCS Dionicio San Román donde se tomó una muestra de 8 fincas que fueran representativas y que se pueden observar (Tabla 1)

Tabla 1. Formas productivas de la CCS Dionicio San Román vinculadas al proyecto

Nº	Nombre y apellidos	Área (hectárea)	Ubicación	Actividad fundamental
1	Emilio Bermúdez Cuellar	11.7	Punta La Cueva	Cultivos varios Ganado menor
2	Charles Daniel Vázquez Ulloa	13.42	Junco Sur	Ganado Mayor
3	Yoernis Ivan Alfonso Herrera	10.00	Buena Vista	Cultivos varios Ganados
4	Roberto Yáñez	67.10	Punta La Cueva	Cultivos varios Ganados
5	Yuleimy Pérez González	2.20	Tulipán	Cultivos varios
6	Horacio Pino Hernández	13.42	Junco Viejo	Cultivos varios
7	Reinaldo Bernal Rosell	2.47	Junco Sur	Cultivos varios
8	Área Experimental UCf	1.50	UCf	Cultivos varios Frutales
9	Área colectiva	26.84	Punta La Cueva	Cultivos varios Ganados
	TOTAL	148.65		

Fuente: Elaboración propia

Los instrumentos utilizados se validaron por criterio de especialistas y permitieron un intercambio muy provechoso donde se pudo valorar cuales serían los puntos de partida y cuáles podrían ser los alcances de la propuesta sobre la base de conocimientos sobre potencialidades fortalezas y debilidades para enfrentar con los objetivos propuestos.

El diagnóstico se realizó con el empleo de un grupo de instrumentos como entrevistas, muestreos, encuestas y observaciones contemplados en la herramienta recomendada por la FAO (2021), para evaluar la transformación agroecológica y que responde a la estrategia para impulsar los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU, se emplearon métodos de investigación empíricos y teóricos para conocer el estado actual en que se encontraban los escenarios seleccionados para realizar la investigación así como las potencialidades de todas las personas que participarían en la actividad y que podían aportar al éxito del proyecto.

Para la evaluación de la pertinencia de la propuesta a aplicar se ajustó a las condiciones del contexto objeto de estudio la que se ajustó al modelo propuesto por Pérez, (2006), y que articula con lo planteado por Pérez (2008), sobre las escalas de estimación de indicadores para medir la eficacia de la formación de capacidades en competencias digitales para que puedan garantizar el empleo de las TICs en función de lograr la búsqueda de información actualizada, la socialización de las mejores experiencias así como la generación de contenidos digitales que permitan la aplicación de la ciencia y la innovación en función de la implementación de nuevos modelos agroproductivos que exploten con mayor eficacia los recursos existentes en las localidades.

Para el trabajo con los indicadores se identificaron elementos que son fundamentales para hacer un uso adecuado

de las potencialidades que brindan las tecnologías y donde se incluyó el dominio de herramientas digitales para la construcción de materiales de texto y videos, el almacenamiento de contenidos, la creatividad para socializar con el empleo de las tecnologías de la comunicación de las mejores experiencias, el desarrollo de soluciones basadas en las experiencias prácticas y con la utilización de las herramientas digitales, todo en función de transformar los entornos productivos agropecuarios.

En el proceso de evaluación de los resultados obtenidos con la aplicación de la propuesta se continuó con la aplicación de instrumentos para a la recolección de información que nos permitieran comparar el estado actual con el estado inicial obtenido con el diagnóstico y donde se encontraron potencialidades, se emplearon encuestas, entrevistas y la observación; dicho proceso, desde el inicio fue concebido como un proceso continuo de formación y evaluación del crecimiento teniendo en cuenta los diferentes indicadores identificados como dinamizadores de los estados actuales hacia los estados deseados de cambios en los modelos productivos que garanticen la aplicación de la investigación como herramienta para la búsqueda de soluciones productivas.

En el desarrollo de los dos cursos propuestos se entregaron en un primer momento las herramientas necesarias para desarrollar potencialidades en el empleo de las tecnologías y en un segundo curso la actualización de técnica con materiales entregados por los principales centros de investigación que posibilitaron la toma de decisiones para adoptar nuevos modelos de gestión agroproductivas donde se identificaron y se explotaron las principales potencialidades de los recursos territoriales y que impulsan la sostenibilidad de las producciones agropecuarias, contribuyendo al programa de soberanía alimentaria de los territorios.

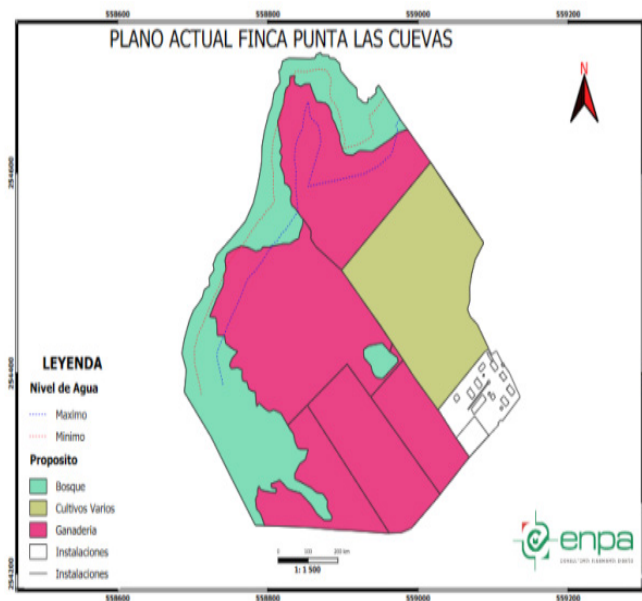
En el período analizado se pueden identificar numerosos resultados que contribuyen a la identificación de potencialidades y a la realización de acciones para la mitigación del cambio climático y la recuperación de los suelos en las áreas de las fincas identificadas para el desarrollo y monitoreo de las innovaciones agroecológicas y pertenecientes a la CCS Dionicio San Román.

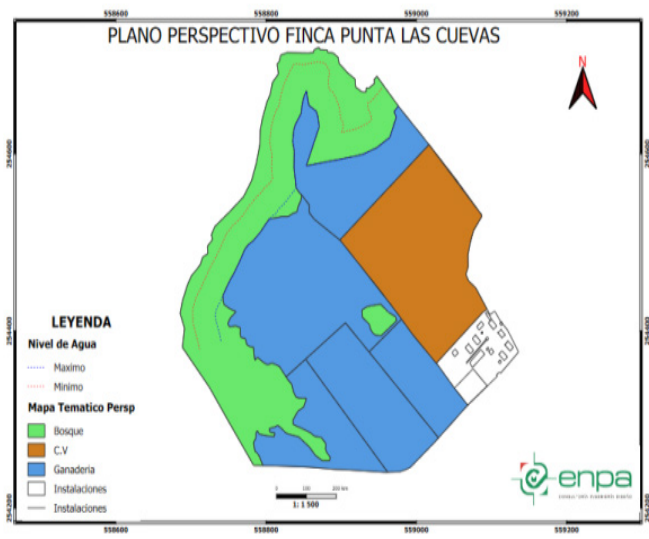
Se identificaron los principales resultados dentro de los que se encuentran:

- Caracterización de las fincas con la aplicación de la herramienta TAPE de la FAO (2021).
- Desarrollo de capacitaciones, talleres de socialización y los cursos sobre competencias digitales y actualización técnica a decisores, productores y sus familias, docentes y estudiantes de ingeniería en agronomía.
- Implementación de innovaciones agroecológicas para mitigar el efecto de cambio climático y la recuperación de los suelos en las fincas vinculadas al proyecto.
- El desarrollo de competencias digitales que permitieron la socialización de las mejores experiencias de productores e investigadores, mediante un grupo de trabajo con el empleo de las tecnologías.
- Se comenzaron a utilizar tecnologías novedosas en el diagnóstico y seguimiento de las principales acciones de corte agroecológico a desarrollar para garantizar producciones sostenibles.
- Se realizaron los levantamientos geomáticos de 8 fincas de la CCS con el objetivo de conocer sus principales potencialidades para convertirlas en polígonos para la aplicación y validación del empleo de innovaciones agroecológicas para la recuperación de los suelos y la mitigación al cambio climático.
- Se trabajó en el diagnóstico y monitoreo de la recuperación de los suelos en las fincas empleando campos de pruebas para muestreos para validar la eficacia del empleo de acciones agroecológicas como la siembra de barreras vivas, la rotación de cultivos la aplicación de fertilizantes orgánicos entre otras para evaluar su efectividad en el aumento de la fertilidad del suelos, el contenido de materia orgánica, el enriquecimiento de la micro fauna del suelo, elementos para garantizar la recuperación de la salud de los suelos.
- Se realizaron las tareas técnicas y los muestreos de seguimiento para la evaluación en el centro de estudios ambientales y costeros (CEAC), vinculado al ministerio de ciencia tecnología y medio ambiente de Cuba (CITMA), Cienfuegos.
- Se identificaron los grupos científicos con los que se iban a trabajar las diferentes líneas de investigación declaradas en el proyecto, se seleccionaron los estudiantes que participan en los diferentes momentos para el diagnóstico, propuesta de transformación y evaluación de los resultados durante tres años de ejecución.

- Se seleccionaron las fincas y los campos de monitoreo de la efectividad de las enmiendas realizadas.
- Se identificaron las necesidades para concluir el montaje de un aula de capacitación, de naves de conejos, caprinos, lombricultura y casas de cultivo protegido.
- Se realizó la propuesta de ordenamiento forestal de la finca Punta La Cueva, incluyendo todas las potencialidades de la actividad forestal en las fincas (Faja costera, linderos y silvopastoreo).
- Desarrolló un Centro de producción de humus de Lombriz, de producción de Humus Líquido y lixiviado y también de legía de cenizas para el control de plagas y enfermedades en la Finca Punta La Cueva.
- Se trabajó con investigadores de la Estación Experimental "Indio Hatuey" las especies de pastos resistentes a las condiciones de salinidad, para su posible introducción en áreas de las fincas vinculadas al proyecto y afectadas por la salinidad producto a su cercanía a la zona costera.
- Se trabajó desde la empresa provincial de proyectos agropecuarios subordinada a la delegación provincial de la agricultura en la provincia Cienfuegos con el empleo de imágenes satelitales obtenidas entre los años 2021 y 2022 la caracterización del estado actual y el prospectivo con la implementación de las innovaciones agroecológicas y las estructuras constructivas diseñadas con esta finalidad como se puede apreciar (ver en la figura 2)

Figura 2. Imagen actual y perspectiva de la finca escenario principal del Proyecto

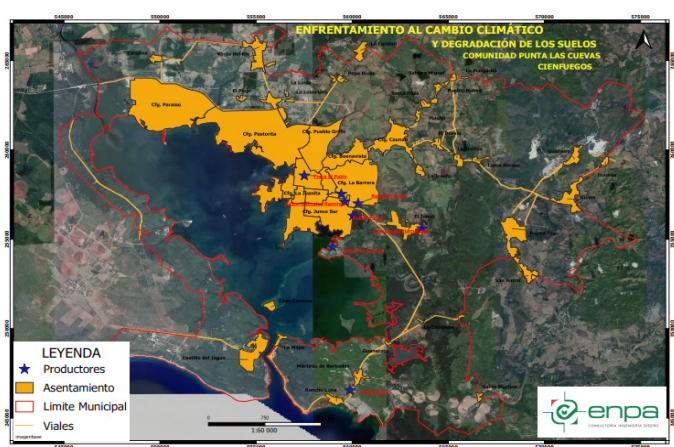




Fuente: Suministrada por la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios Cienfuegos

Se realizó la geolocalización de las fincas de los productores participantes en el proyecto, lo que se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3. Imagen de la localización de las fincas del proyecto



Fuente: Suministrada por la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios Cienfuegos

Se realizaron las evaluaciones pertinentes para ubicar las instalaciones, evaluar las áreas para la reforestación y para las acciones de cortes agroecológicos para la recuperación de toda la franja costera, sus barreras protectoras y las áreas erosionadas como encontramos visualizadas en la figura 4.

Figura 4. Imagen de localización de instalaciones, zona costera y áreas erosionadas



Fuente: Suministrada por la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios Cienfuegos

Según Casimiro (2018), el sector productivo en Cuba se caracterizaba por el empleo de una marcada presencia de sistemas productivos convencionales enmarcados en la revolución verde, no deseados por sus impactos negativos en lo social, lo económico y lo ecológico, dependientes de insumos externos, caracterizados por el monocultivo, la degradación de los suelos, la pérdida de la biodiversidad, la aparición de brotes masivos de plagas y el empleo desmedido de fertilizantes inorgánicos.

El empleo de estos modelos productivos trajo consigo numerosos efectos que coincidiendo con Arias, et al., (2010), ocasionaron la degradación de los suelos, la pérdida de su capacidad productiva, afectando millones de hectáreas que reducen la producción mundial de alimentos y que se manifiesta como un fenómeno que se acrecienta por los innegables efectos que el cambio climático. En nuestro país según Muñiz, (2015), se encuentran afectados considerablemente la fertilidad de los suelos, destacando que existe más del 75 % de los suelos afectados por alguna forma de erosión y donde se encuentran afectadas sus características físicas, químicas y biológicas afectando los rendimientos y la calidad de las producciones agrícolas.

Esta situación nos alerta para la toma de acciones que en la investigación se proponen como alternativas agroecológicas que garantizarán a mediano y largo plazo la recuperación de los suelos y las áreas de producción agropecuaria.

En la provincia de Cienfuegos según Hernández, et al., (2015), los factores limitantes de la fertilidad de los suelos, son la baja fertilidad natural y el drenaje que se encuentra afectado en todos los municipios de la provincia, en el municipio Cienfuegos, también se presentan estos fenómenos y particularmente, las áreas agrícolas de la cooperativa de Créditos y Servicios Dionicio San Román, afectadas por la degradación de los suelos, fenómeno que se manifiesta a través de erosión, el mal drenaje, el deterioro de la estructura la compactación, provocadas por la acción de factores que incluye los naturales que

no son de fácil control y la son los Pardos con carbonatos típicos, caracterizados por un relieve ondulado (4,1 a 6.0 % de pendiente) que influye en los procesos erosivos, y bajo contenido de materia orgánica, también se le puede sumar el uso del monocultivo y de prácticas agrícolas inadecuadas como el laboreo a favor de la pendiente, empleo excesivo de los fertilizantes químicos y la falta de una política de empleo de prácticas agroecológicas sobre bases sostenibles, como prácticas que garanticen el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, además de contrarrestar los efectos del cambio climático. Programa de Pequeñas Donaciones (PPD, 2020).

Para contrarrestar estos procesos degradativos, se propuso el diseño que coincide con lo recomendado por Lezcano, et al., (2021), para la reconversión de los sistemas productivos tradicionales hacia otros de corte agroecológico donde se destaca la producción agropecuaria sostenible bajo principios de economía circular, donde se potencie la recuperación de la biodiversidad y donde garanticemos la resiliencia de los agroecosistemas a los efectos del cambio climático.

Según lo planteado por Morgado, et al., (2019), simplemente se trata de generar procesos de cambios donde se involucren todos los factores y actores de las comunidades potenciando el empleo de la ciencia y la innovación como elementos dinamizadores de soluciones a problemáticas económicas políticas y ambientales y que hoy encuentran barreras para su implementación, potenciando enfoque s agroecológicos y sistemas productivos amigables con el medio ambiente y que ayuden a detener los procesos degradativos que se presenten en los agroecosistemas.

CONCLUSIONES

Las investigaciones que se realizaron en la cooperativa de créditos y servicios Dionicio San Román y en la Finca "Punta la Cueva" con el empleo de la herramienta de Herramienta de Evaluación del desempeño agroecológico (TAPE, FAO 2021) demostraron los bajos índices de aplicación de acciones de corte agroecológicos que regeneran modelos de agricultura más saludables y con armonía con el medio ambiente.

Se pudo comprobar las potencialidades del dominio de las herramientas digitales y su implementación en el desarrollo de contenidos digitales y la socialización de las mejores experiencias productivas, así como la socialización también de contenidos técnicos actualizados generados desde los centros de producción de ciencia.

El empleo de cursos para el desarrollo de competencias digitales permitió entregar le las herramientas que sobre la marcha se aprendieron a utilizar y que hoy permiten que se socialicen experiencias, se busque bibliografía actualizada, se compartan contenidos digitales, se empleen los accesos para el almacenamiento de información valiosa y para la construcción de contenidos digitales.

El empleo de vínculos de cooperación con centros de investigación permite una actualización continua sobre la

base de las necesidades de productores, decisores estudiantes y docentes de la especialidad, el empleo combinado de las tecnologías y a la vinculación a los resultados de las principales investigaciones que hoy se desarrollan en el país fundamentadas en el programa de soberanía alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, F. R., & Chamba, A. P. (2019). Reflexiones sobre la filosofía de la tecnología en los procesos educativos. *Revista Conrado*, 15(70), 109-119. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n70/1990-8644-rc-15-70-109.pdf>
- Arias, E.; Morales, A.; Ramis, E.; Fuentes, E.; Pérez, J.M.; Riverol, M.; Hernández, O.; Muñiz, O.; Aguilar, Y. (2010). Uso sostenible de los suelos en Cuba. Editorial Academia. <http://www.catalogo.bnjm.cu/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumbe>.
- Almoguea Fernández, M., Baute Álvarez, L. M., & Romero Jiménez, A. M. (2021). El contexto de actuación profesional y la extensión agraria en la formación continua del docente, especialidad agropecuaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 69-75. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n3/2218-3620-rus-13-03-69.pdf>
- Casimiro-Rodríguez, L. & Casimiro-González, J. A. (2018). How to make prosperous and sustainable family farming in Cuba a reality. *Elem. Sci. Anth.* 6:77, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.324>.
- Delgado-Guevara, E. & García-Pérez, E. (2018). Estrategia de orientación vocacional para asegurar la continuidad de estudios. *Revista Luz*, 17(2), 110-118 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=589167622012>
- FAO. (2021). Instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE) - Proceso de desarrollo y directrices para la aplicación. Versión de prueba. Roma. FAO.
- GNAUSF. (2020). Lineamientos de la agricultura urbana, suburbana y familiar para el año 2020. MINAG.
- García-Naún, Y., Velázquez, Y., & Cardoso-Barreras, M. T. (2018). Metodología para la Educación Agropecuaria a través de la enseñanza problémica. *Revista Luz*, Universidad del Holguín., 17(3), 66-72.
- González, R., Vargas, B., Rodríguez, R., & Garcés, W. (2021). Las plantas destinadas para la alimentación en fincas suburbanas de Santiago de Cuba. *Universidad y Sociedad*, 13(4), 66-79. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n4/2218-3620-rus-13-04-66.pdf>

- Guzmán, R., & Brito, Y. (2018). La empresa como complejo o unidad científico-productivo-docente. Metodología. Experiencias y retos desde la educación agropecuaria en Santiago de Cuba. *Revista Pedagogía*, Ecuador. <https://www.pedagogia.edu.ec/public/docs/844a-35045fe8425456405e08b6bd1366.pdf>
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA.
- Lezcano-Fleires, Juan Carlos; Miranda-Tortoló, Taymer; Oropesa-Casanova, Katerine; Alonso-Amaro, Osmel; Mendoza, Ibelice & León-Hidalgo, Ricardo. (2021). Caracterización de la situación agroproductiva de una finca campesina en Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*, (44). <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v44/2078-8452-pyf-44-e29.pdf>
- MES. (2017). Plan de Estudio E, Carrera de Agronomía. Ministerio de Educación Superior.
- MINAGRI, (2012). Mapa básico de los suelos 1: 25 000 de la Provincia de Cienfuegos, Actualización digital, Dirección Provincial de Suelos, Instituto de Suelos, Cienfuegos.
- Morgado-Martínez, Mirna; Pérez-García, G. A. & Expósito-Cardoso, F. (2019). Diseño y manejo de la biodiversidad en dos fincas de la provincia de Ciego de Ávila. *Universidad y Ciencia*. 8 (ne):380-394. <file:///C:/Users/jlpduarte/Downloads/yplacencia,+30-++1370-5873-1-RV++REVISADO.pdf>
- Muñiz Ugarte, O. (2015). Degradación de los suelos. Foresightcuba. <https://foresightcuba.com/degradacion-de-los-suelos/>.
- Pérez-González, J. C. (2008). Propuesta para la evaluación de programas de educación socioemocional. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 6(15), 523-546. <https://ojs.ual.es/ojs/index.php/EJREP/article/view/1285/1355>
- Programa de Pequeñas Donaciones. (2020). Perfil del proyecto "Innovaciones agroecológicas como alternativas sostenibles al enfrentamiento a la degradación de los suelos y el cambio climático en la comunidad Punta La Cueva, municipio de Cienfuegos." Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Tittonell P. 2019. Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Rev. FCA UNCUYO*. 51(1): 231-246. <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v51n1/v51n1a17.pdf>
- Vázquez Moreno LL, Álvarez Pineda S, Suárez Venero G.M., Rodríguez Montoya L., Ferras Tellez Y., Díaz Rodríguez A., Carballosa Benavides S., Álvarez Cambas E., Garrido Valiente P., Ramos Valls J.L., Ramírez Tamayo D., García Urquía C.L., Tiss Franco M., Betancourt Betancourt M., Chibás Jamieson M. (2022). Gestión del conocimiento agroecológico en la agricultura familiar Evidencias en fincas campesinas y patios urbanos expuestos al cambio climático. La Habana: Proyecto RedAR. Mejora de la disponibilidad alimentaria en tres municipios de las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo, Cuba. <https://journals.openedition.org/etudescaribeennes/26276>

16

LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICO, SU IMPACTO EN LA BIODIVERSIDAD Y LA SALUD HUMANA

PLASTIC POLLUTION, ITS IMPACT ON BIODIVERSITY AND HUMAN HEALTH

Mayelín Alomá Nohaya

E-mail: mayealoma@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4754-8623>

Mileydis Roldós Guzmán

E-mail: mileidyr@infomed.sld.cfg.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8294-8214>

Blanca Rosa Garcés Garcés

E-mail: blancagg@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8266-7244>

Ana María Molina Gómez

E-mail: molinag@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9720-4610>

Josefa María Soto Casares

E-mail: fefi87@nauta.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7736-6543>

Lázaro Armando Águila Trujillo

E-mail: laguilatrujillo@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3288-6059>

Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos, Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Alomá Nohaya, M., Roldós Guzmán, M., Garcés Garcés, B. R., Molina Gómez, A. M., Soto Casares, J. M. y Águila Trujillo, L. A. (2023). La contaminación por plástico, su impacto en la biodiversidad y la salud humana. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 127-134. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La pérdida de biodiversidad sobre la que se asienta la disponibilidad de alimentos, medicinas, y muchos servicios ambientales tiene un ritmo acelerado. Dentro de estos el plástico constituye un contaminante que afecta a la biodiversidad, por lo que el hombre tiene que tomar medidas urgentes para poder frenarla. Para dar cumplimiento al objetivo general de la asignatura una problemática encontrada fue la información dispersa y la no existencia de un material bibliográfico actualizado acerca de la temática sobre la biodiversidad y su impacto en la salud, por lo que el colectivo docente se dio a la tarea de elaborar un material de compilación bibliográfica, para trabajar en la clase práctica Tema II de la asignatura Economía política. Como resultado, obtuvimos la elaboración de un material de apoyo a partir de la compilación bibliográfica, el mismo contribuyó al desarrollo de la motivación de docentes y estudiantes para continuar investigando sobre la contaminación por plástico y su impacto en la biodiversidad y la salud humana. El tratamiento al tema contribuyó al desarrollo de una cultura medioambiental en los estudiantes de segundo año de Medicina. Nos propusimos como objetivo: Elaborar un material de apoyo a partir de una compilación bibliográfica con la finalidad de elevar la cultura medioambiental en los futuros profesionales de la salud.

Palabras clave:

Contaminación por plástico, biodiversidad.

SUMMARY

The loss of biodiversity on which the availability of food, medicine, and many environmental services is based is at an accelerated pace. Among these, plastic constitutes a pollutant that affects biodiversity, so man has to take urgent measures to stop it. To fulfill the general objective of the subject, a problem found was the dispersed information and the non-existence of updated bibliographic material on the topic of biodiversity and its impact on health, so the teaching group took on the task. to prepare a bibliographic compilation material, to work in the practical class Topic II of the subject Political Economy. As a result, we obtained the development of support material from the bibliographic compilation, which contributed to the development of the motivation of teachers and students to continue researching plastic pollution and its impact on biodiversity and human health. The treatment of the topic contributed to the development of an environmental culture in second-year Medicine students. We set ourselves the objective: To prepare support material from a bibliographic compilation with the purpose of raising environmental culture in future health professionals.

Keywords:

Plasticpollution, biodiversity.

INTRODUCCION

La humanidad está haciendo un uso tan abusivo e insostenible de los recursos naturales y de la riqueza biológica que está socavando las bases de su propio desarrollo. La pérdida de biodiversidad sobre la que se asienta la disponibilidad de alimentos, medicinas, y muchos servicios ambientales tiene un ritmo galopante. (Unidas)

Se entiende por biodiversidad a la pluralidad de organismos vivos a todos los niveles en el planeta, que al hombre relacionarse con la naturaleza, puede causarles daños, como a la diversidad genética, a la diversidad de especies o la ecológica. Dentro de estos el plástico constituye un contaminante que afecta a la biodiversidad, por lo que el hombre tiene que tomar medidas urgentes para poder frenarla. (Concepto de biodiversidad).

La formación integral de los alumnos de medicina debe dar como resultados graduados con un sólido desarrollo político, dotados de una amplia cultura científica, ética, jurídica, humanista, económica y medio ambiental; comprometidos y preparados para defender la Patria socialista y las causas justas de la humanidad con argumentos propios, competentes para el desempeño profesional y el ejercicio de una ciudadanía virtuosa. Para su formación se debe garantizar un desarrollo de la educación para la salud como herramienta principal que provee a la población de conocimientos sobre los riesgos del ambiente y los estilos de vida dañinos que se asocian al surgimiento de las alteraciones de la salud humana, familias, grupos y colectivos objeto de su atención. Como parte de este proceso formativo, el programa de la disciplina Marxismo-Leninismo en el Plan E tributa a esa formación con una visión integradora del marxismo clásico, al tiempo que muy contemporánea, pero mantiene los presupuestos básicos sobre los que se ha venido trabajando en el campo de las ciencias médicas. Dentro de los contenidos básicos tenemos: La ciencia y la tecnología, principales tendencias y problemas globales generados por el desarrollo científico-tecnológico actual. Sus determinaciones e impactos sociales. La problemática ecológica sobre la ciencia, la tecnología, los problemas medioambientales y la problemática global. Propone como objetivos específicos que los alumnos sean capaces de argumentar la esencia explotadora de las relaciones capitalistas de producción y la significación de la teoría marxista como fundamento de la lucha de la clase obrera contra el capital y de explicarla agudización de las contradicciones del sistema capitalista en la fase imperialista y el carácter histórico transitorio del capitalismo, en la asignatura Economía Política, para cumplir con estos objetivos en el Tema II Teoría leninista del imperialismo. El Capitalismo Transnacionalizado. Globalización y Neoliberalismo. (MINSAP, 2019)

Para dar cumplimiento al objetivo general de la asignatura una problemática encontrada fue la información dispersa y la no existencia de un material bibliográfico actualizado acerca de la temática ambiental y su impacto en la salud, por lo que el colectivo docente se dio a la tarea de elaborar un material de compilación bibliográfica, para trabajar

en la clase práctica Tema II de la asignatura Economía política.

DESARROLLO

La basura generada por las actividades humanas hasta mediados del siglo XX consistía principalmente en desechos biodegradables o reciclables. Al incorporarse el plástico a la vida cotidiana, una parte considerable de los desechos producidos comenzó a acumularse en el ambiente, precisamente por la resistencia de los plásticos a la corrosión, la intemperie y la degradación por microorganismos. La palabra plástico se refiere a ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos, su fórmula química $(C_2H_4)_n$. En general, son derivados del petróleo, aunque algunos se pueden obtener a partir de otras sustancias naturales. El polietileno es el plástico más común. (Rendón, 2019)

Algunas de las propiedades de estos compuestos que los han hecho tan ampliamente usados son: la facilidad con que pueden ser trabajados o moldeados, su impermeabilidad, su baja densidad pesan poco con relación a su volumen, su baja conductividad eléctrica, su resistencia a la corrosión y a la intemperie, su resistencia a diversos factores químicos y biológicos, en buena medida, su bajo costo.

Anualmente se producen varios millones de toneladas de plásticos en el mundo. La degradación de los plásticos sintéticos es muy lenta. Como, por ejemplo, la descomposición de productos orgánicos tarda 3 o 4 semanas, la de telas de algodón 5 meses, mientras que la del plástico puede tardar 500 años. Además, en buena medida la degradación de estos plásticos simplemente genera partículas de plástico más pequeñas que, a pesar de ya no ser evidentes, se acumulan en los ecosistemas.

Una de las estrategias que se ha venido utilizando para deshacerse de los plásticos derivados del petróleo es la incineración, pero la quema de plásticos es altamente contaminante y causa efectos negativos en el ambiente, tales como el incremento de CO_2 en la atmósfera y la liberación de compuestos químicos muy peligrosos, como las dioxinas, el cloruro y el cianuro de hidrógeno.

La existencia de residuos plásticos en los mares es más que un problema estético, pues representa un peligro para los organismos marinos que sufren daños por ingestión y atragantamiento. Se calculan en cientos de miles las muertes de mamíferos marinos al año por esta causa. En aves se determinó que 82 de 144 especies estudiadas contenían fragmentos de plástico en sus estómagos y en algunas especies hasta el 80%.

Además, se ha demostrado que los plásticos acumulan compuestos químicos tóxicos como los bifenilopoliclorados, el diclorodifenildicloroetano y los nonifenoles, que no son muy solubles en agua y por esta razón se adhieren y se acumulan en los plásticos. Así, los fragmentos de plástico funcionan como transporte de contaminantes a los

mares. Se ha demostrado que organismos marinos planctónicos, animales filtradores y aquellos que se alimentan de desechos, ingieren estos plásticos y en muchos casos éstos quedan atrapados en sus tejidos. (El plástico y la salud humana)

Una vez que el plástico llega al ambiente, ya sea en forma de macro o microplásticos, contamina, y se acumula en cadenas alimenticias mediante tierras de cultivo, cadenas ali Alomá Nohaya menticias terrestres y acuáticas, y el suministro de agua. De todos los desechos plásticos un tercio termina en los suelos o masa de agua dulce, se estima que la contaminación terrestre por microplásticos es de 4 a 23 veces más alta que la marina.

Los residuos que se producen en los hogares pueden llegar a los océanos a través de vertimiento directo, o de forma indirecta mediante la lluvia, vientos, arroyos o desagües. (Melo, 2018)

Nuestros océanos producen el 50% del oxígeno del planeta, son claves para la conservación de la biodiversidad global, esenciales para regular el clima y proveen los medios de vida de gran parte de la población mundial. Anualmente, 11 millones de toneladas de residuos plásticos entran a los océanos, lo que equivale arrojar al mar un camión lleno de plástico por minuto. (Contaminación por plástico: el eterno problema de los océanos)

Esto amenaza la capacidad de los océanos para actuar como sumideros de carbono, contribuyendo aún más a la crisis climática, ya que se estima que en 2015 la fabricación de plástico está relacionada con la producción de 1.7 giga toneladas de CO₂ y se proyecta que para 2050 esa cifra se triplique a aproximadamente 6.5 giga toneladas, el 15% del presupuesto mundial de carbono. (Contaminación por plástico se duplicará hacia 2030, advierte agencia de la ONU para el medioambiente)

Adicionalmente, cada año en el mundo se tira al mar el 6% de todas las redes de pesca usadas, el 8,6% de las trampas y nasas, se convierten en un peligro para la vida marina por siglos, los científicos han observado efectos adversos en casi el 90 % de las especies evaluadas.

La contaminación por plásticos amenaza los medios de vida de comunidades que dependen de actividades económicas como la pesca y el turismo. Los océanos, además de producir la mitad del oxígeno que respiramos, alimentan a más de 1.000 millones de personas. Se estima que para el 2050 habrá más plástico que peces en el mar. (Contaminación por plástico: el eterno problema de los océanos)

A nivel mundial, las políticas gubernamentales tendientes al control de los residuos plásticos han aumentado, pero la capacidad actual de reciclaje y las buenas prácticas no son suficientes, comparadas con la producción y consumo que se han incrementada en esta época. Los equipos médicos y especialmente los elementos de protección personal (EPP) están fabricados por materiales plásticos, en la mayoría de los casos son de un solo uso y no son reciclables, lo que representa una gran amenaza

para el medio ambiente y para la salud humana. (Prieto-Ortiz, 2023)

Medidas para frenar el impacto de la contaminación por plástico

A partir del 2005 que entra en vigor el Protocolo de Kyoto, los países que lo aprobaron han tomado medidas a lo interno, para reducir los efectos del cambio climático debido a la contaminación por plástico. (¿Qué es el protocolo de Kyoto?)

- Se han establecido legislaciones para restringir el uso de bolsas plásticas.
- Se desarrollan campañas para no aceptar bolsas, cubiertos plásticos, ni bebidas embotelladas.
- Se recomienda llevar al mercado bolsas de tela y escoger productos con la menor cantidad de plásticos en su empaque.
- Manejar adecuadamente la basura. Separando bien los residuos y asegurándose que el plástico, que es un material aprovechable llegue a un centro de reciclaje.
- No usar globos, pitillos y productos de aseo personal y belleza que contengan microplásticos.
- Convocar a desarrollar campañas sobre limpieza de playas, costas, comunidades y entornos limpios de plásticos.
- Desarrollar conciencia de lo dañino del uso del plástico para el medio ambiente y la salud humana, así como la necesidad de su reciclaje a través de los medios de difusión masivos.
- Crear desde las universidades proyectos de investigación comunitarios con el fin de reducir la contaminación por plástico. (Noticias ONU, O nos divorciamos del plástico o nos olvidamos del planeta)(Contaminación por plástico: el eterno problema de los océanos)

Contaminación por plástico y su impacto en la salud

Investigaciones realizadas en la actualidad han encontrado muestras diminutas de plásticos en lugares insospechados, desde el Everest, el pico más alto de la Tierra, hasta en las propias heces o en placentas humanas. Referente al cuerpo humano, los microplásticos llegaban hasta el intestino a través de bebidas y alimentos que se consumen a diario.

Existen varias rutas para que el hombre consuma microplásticos. Puede consumir microplásticos por aire, agua y alimentos, pero también por productos de cuidado personal como pasta de dientes, brillo labial, polímeros dentales, fragmentos de implantes poliméricos, nanopartículas poliméricas de suministro de fármacos o residuos de tinta de tatuaje.

También en las mucosas por ingestión o inhalación. Las partículas de plástico ultrafinas inhaladas pueden absorberse y acumularse en los pulmones, mientras que se

espera que la mayoría de las partículas más grandes se expulsen con la tos y finalmente se traguen.

Por primera vez estudios revelan que, en la sangre humana, se han hallado trozos de plástico de 5 milímetros o menos, provenientes del entorno vital y absorbido por el torrente sanguíneo humano. Analizaron la sangre de 22 donantes anónimos, de los que 17 presentaron cinco polímeros diferentes. En cifras globales, la concentración de partículas de plástico en la sangre de los 22 donantes ascendió a una media de 1,6 microgramos por mililitro.

Los plásticos en contacto con los alimentos pueden envenenar a los seres humanos. El calor, el microondas y la acidez de la comida o bebida son factores que pueden aumentar la liberación de estos productos tóxicos en la comida o bebida. (Izquierdo)

Enfermedades asociadas a los aditivos tóxicos del plástico.

- Cáncer: Cáncer de mama, útero, ovarios, vagina y cérvix, cáncer del cerebro y sistema nervioso, leucemias, cáncer de pulmón y del sistema respiratorio, cáncer de próstata y testículos, cáncer de hígado, de riñón y linfomas.
- Infertilidad, abortos espontáneos, quistes uterinos.
- Pubertad precoz en niñas.
- Deformaciones del pene en niños.
- Hiperactividad, deficiencia de atención.
- Parkinson.
- Autismo.
- Enfermedad cardiovascular.
- Obesidad.
- Diabetes.

Es decir, casi todas las dolencias que han ido sospechosamente en aumento en las tres últimas décadas

Medidas para protegernos

- Evitar comidas y bebidas envasadas en plástico. -Evitar usar recipientes de plástico para servir, guardar o calentar comida. Alternativas seguras son el cristal y el acero inoxidable.
- No usar biberones de plástico. Los de cristal son más seguros.
- Evita los juguetes de plástico flexible y con fuerte olor. No dejar que los niños los chupen. (El plástico mata ¿Lo llevas en tu sangre? Protégete del impacto del plástico en tu salud)

Otras de las medidas para enfrentar la contaminación por plástico es la Economía Circular

La economía circular es un nuevo modelo de producción y consumo que garantiza un crecimiento sostenible en

el tiempo. Con la economía circular promovemos la optimización de recursos, la reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos, reciclandolos o dándoles una nueva vida para convertirlos en nuevos productos.

En el mundo hasta el momento se han aplicado modelos de producción lineales, extraemos, producimos, consumimos y desechamos. La sociedad en la que vivimos hace que el ritmo de consumo se esté acelerando, se trata de un modelo rápido, pero poco sostenible para el planeta. La esencia de este modelo radica en que los recursos se mantengan en la economía el mayor tiempo posible, promoviendo que los residuos que generamos puedan servir de materia prima para otras industrias. Puede beneficiar la economía local al fomentar modelos de producción basados en la reutilización de residuos cercanos como materia prima y puede favorecer una menor dependencia de la importación de materias primas.

Casi todos conocemos la regla de las 3R, esenciales para el desarrollo sostenible y conservar el equilibrio ambiental: reducir, reutilizar y reciclar. Es decir, lo que se obtiene de la naturaleza vuelve a ella al agotar su vida útil, de una manera cíclica y respetuosa con el entorno. (Repsol, 2023)

Uno de los motivos para avanzar hacia una economía circular es el aumento de la demanda de materias primas y la escasez de recursos. Varias materias primas cruciales son finitas y, como la población mundial crece, la demanda también aumenta.

Otra de las razones es la dependencia de unos países por otros para sus materias primas.

El impacto en el clima es otro de los factores. La extracción y el uso de materias primas tienen importantes consecuencias medioambientales, aumenta el consumo de energía y las emisiones de CO₂, mientras que un uso más inteligente de las materias primas puede reducir las emisiones contaminantes. Su aplicación genera beneficios:

Podrían ahorrar dinero a las empresas, mientras se reduce el total de emisiones de gases de efecto invernadero, actualmente, la producción de los materiales que usamos diariamente es responsable del 45% de las emisiones de CO₂. Estimular la competitividad, la innovación, el crecimiento económico y el empleo. (¿Cómo quiere la UE lograr una economía circular para 2050?)

Uno de los pioneros en la utilización de una Economía Circular es la Unión Europea, en marzo de 2020 presenta un plan de acción que tiene como objetivo productos más sostenibles, la reducción de residuos y el empoderamiento de los ciudadanos. Se presta especial atención a los sectores intensivos en recursos, como la electrónica y las TIC, los plásticos, los textiles o la construcción. En febrero de 2021, el Parlamento votó el plan de acción sobre economía circular y demandó medidas adicionales para avanzar hacia una economía neutra en carbono, sostenible, libre de tóxicos y completamente circular en 2050. (Ingredientes que suman, un blog de Oxfam Intermón)

Cuba y la Economía Circular

En Cuba existe una marcada vocación medioambiental, sustentada en políticas y programas nacionales que han mostrado resultados en la gestión estatal de los recursos naturales y los ecosistemas, entre ellos se destacan:

- Programa de reforestación con una recuperación de la cobertura boscosa de 14% a 30% en solo 60 años
- Programa de Voluntad Hidráulica que ha permitido disponer de 9000 millones de metros cúbicos en acuíferos subterráneos
- Programa de la Revolución Energética que sustituyó bombillos incandescentes por ahorradores e introdujo la generación eléctrica distribuida y el aprovechamiento gradual de fuentes de energía renovables.
- Plan de gobierno Tarea Vida (2017) que entre sus medidas de mitigación apuesta por la introducción de energías renovables y modelos de gestión más eficientes que permitan ciclos de producción cerrados donde la economía circular es un elemento clave. (Borrego, 2021)

Se cuenta con un marco legal actualizado recientemente por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente que promueve la implementación de modelos de economía circular en el país. A principios de 2021 el CITMA comenzó a trabajar en el Macroprograma de Recursos Naturales y Medio Ambiente que posee un proyecto orientado al “Consumo, producción sostenible y economía circular”. Dentro de dicho proyecto el Ministerio presentó una propuesta de estrategia para abordar el tema específico de la economía circular y que serviría de sombra a estas iniciativas en Cuba.

Esta estrategia única a nivel de país define los objetivos, sectores priorizados, los períodos de trabajo entre otros indicadores en función de la economía circular en Cuba. Fue presentada al Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, en 2021. (Abanto, 2021)

No es hasta el 10 de diciembre del 2021 que en Cuba se realiza el taller de lanzamiento del primer Proyecto Internacional de Asistencia Técnica para la Economía Circular, organizado por la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación del CITMA.

Se contó con la participación de diversos organismos de la administración central del Estado, universidades, organizaciones civiles y empresas estatales interesadas. (comunicación, 2021)

- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
- Ministerio de Economía y Planificación
- Ministerio de Agricultura
- Ministerio de Energía y Minas
- Ministerio de Industrias
- Representantes del gobierno de la Habana

- Representantes de la Delegación Territorial del CITMA en La Habana
- Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana
- Fondo de Bienes Culturales
- CITMATEL
- Inversiones Gamma S.A
- Grupo Empresarial de Reciclaje
- Grupo Azucarero de Cuba
- Universidad Central de Las Villas
- Instituto Nacional de Investigaciones Económicas
- Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey
- Instituto de Meteorología
- Cubaenergía
- Proyecto PADIT

En Cuba se aplican los principios de la economía circular a través del fomento de capacidades y uso de fuentes renovables de energía en los sistemas productivos y en las comunidades rurales, así como en el manejo y tratamiento de residuales para la protección del medioambiente y la producción de energía, existen en el archipiélago 17 acciones definidas para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica; la utilización de la energía eléctrica, el suministro y calentamiento de agua; el aprovechamiento de la biomasa forestal y de cosechas, como la cáscara de arroz para la generación de electricidad y la sustitución de combustible Diesel; la utilización de residuos orgánicos para la utilización del biogás como combustible, así como del efluente, tratado para su empleo como biofertilizante; la utilización de la energía eólica para el suministro de agua; la recuperación de pequeños volúmenes de producción de biodiesel y la introducción de vehículos y tractores eléctricos. Es de vital importancia que participen todos los actores económicos y especialmente las universidades participen en este proceso, que exige integrar la visión de circularidad a lo largo de la cadena cubana de suministros. (Leyva Fernández, 2022)

Los microplásticos en la bahía de Cienfuegos, Cuba

Los primeros estudios que se realizan en el mar sobre la presencia de microplásticos en Cuba, se realizaron en la Bahía de Cienfuegos, por Noruegos y cubanos, en 2017, porque presenta una bahía típica de bolsa, con una entrada muy estrecha que se amplía hacia su interior, además, esta bahía se encuentra sometida a una gran actividad proveniente de la zona industrial y de la propia ciudad, resultante del lavado de la ropa, cosméticos, textiles y cremas dentales, o de plásticos descompuestos por la acción del mar y los rayos UV.

Los investigadores se propusieron realizar un estudio de las aguas, sedimentos y *Perna viridis* (molusco, mejillón verde asiático), donde encontraron microplásticos en todas las estaciones de la bahía, para los dos períodos,

seco y lluvioso, con 49.562,5 y 5.093,75 microplásticos por metros cúbicos respectivamente; en el sedimento con 357,14 y 852,86 microplásticos por kilogramo, respectivamente; y en Perna Viridis con 15,7 y 5,8 microplásticos por gramos, respectivamente. Estos valores resultaron superiores a los esperados. (Barcia Leyva, 2017)

En la provincia de Cienfuegos existen medidas establecidas para evitar la contaminación por plástico como la Empresa de Recuperación de Materias Primas que logró recuperar en el primer semestre de 2021 cuantiosos volúmenes de chatarra ferrosa, no ferrosa y de la gama no metálica, rescataron 930 t, obteniendo mangueras y tuberías de diversas medidas, fabricadas con plástico polietileno de alta y baja densidad, para instalaciones hidráulicas en el sector residencial y la agricultura, en apoyo a los programas de la vivienda y de la producción de alimentos.

Dentro de la ciudad cabecera está ubicado un contenedor móvil dividido en secciones para depositar papel, cartón, envases de cristal, aluminio y plástico con el fin de recaudar estos materiales para reciclarlos. La entidad de Cienfuegos cuenta con 11 casas de compra distribuidas en sus ocho municipios, Perteneciente al Grupo Empresarial del Reciclaje. (Gómez Amaró)

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación realizada es cuantitativa y cualitativa; para ello se utilizaron métodos teóricos y empíricos y se desarrolló en la Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos, entre los meses de abril a junio del 2023, primer semestre de este curso escolar. El objeto de estudio fue la asignatura de Economía Política en el Tema II, el universo de estudio fue la totalidad de estudiantes de segundo año de la carrera de medicina (8 grupos) y los 6 profesores que constituyeron el claustro.

Las técnicas empleadas incluyeron la revisión documental (programas de estudio de la carrera de medicina plan E, documentos metodológicos para su implementación, artículos o libros, así como de grupo focal con 6 informantes clave. Los informantes clave fueron docentes del colectivo de asignatura, con alta experticia en el tema, más de 10 años de graduados y experiencia en la impartición del marxismo.

Como sistema de retroalimentación se utilizó un cuestionario abierto y anónimo con 247 estudiantes con lo positivo, negativo e interesante al concluir la clase práctica.

RESULTADOS

1. Una vez aplicado los métodos y técnicas obtuvimos como resultado la implicación de la totalidad de los estudiantes de la carrera Medicina segundo año y del colectivo de la asignatura Economía Política con sus 6 miembros.

Previo al desarrollo del tema en cuestión los profesores utilizaron la técnica de grupo focal, con la que obtuvieron

la información de que los estudiantes presentaban un bajo conocimiento sobre la contaminación por plástico y su impacto en la biodiversidad y la salud humana.

2. Se revisaron 21 bibliografías actualizadas de los últimos cinco años, incluyendo artículos publicados en revistas del primer y segundo nivel, para conformar la compilación bibliográfica que nos llevó a elaborar el material de apoyo para la clase práctica (Ver anexo 1) del Tema II de la asignatura Economía Política.

Anexo 1.

GUÍA DE CLASE PRÁCTICA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS DE CIENFUEGOS

DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA E HISTORIA

ASIGNATURA: ECONOMÍA POLÍTICA

TEMA: II Teoría Leninista del imperialismo. El capitalismo transnacionalizado. Globalización y Neoliberalismo.

Guía de Clase Práctica

SUMARIO. El capitalismo transnacionalizado. La Globalización de la economía mundial y su impacto.

La restauración conservadora en América Latina: el neoliberalismo.

La contaminación por plástico y su impacto en la biodiversidad y la salud humana.

OBJETIVO: Analizar las características y tendencias del capitalismo contemporáneo y su impacto en la biodiversidad y la salud humana.

ESTRATEGIAS CURRICULARES A DESARROLLAR: Estrategia educativa de la carrera (formación de valores, formación humanística), Investigación e Informática Médica, Salud Pública y formación ambiental.

FOD: Se desarrollará en tres equipos. El equipo 1 debe responder las actividades de la pregunta 1, el equipo 2 debe responder las actividades 2 y 3 y el equipo 3 debe responder las actividades 4 y 5.

BIBLIOGRAFÍA

1. Los impactos de la globalización en el mundo actual", en Filosofía Marxista II. Pág.325-338
2. El Capitalismo y el Socialismo en la época histórica actual, 2016; 1-16.
3. Globalización financiera y Desarrollo de *Dr. Theotónio Dos Santos*
4. El cono del helado de FREI BETTO
5. Desigualdad entre ricos y pobres la más alta en 30 años
6. Material de apoyo. La contaminación por plástico, su impacto en la biodiversidad y la salud humana.

SISTEMA DE CONOCIMIENTOS

1. La formación económico-social capitalista en la época histórica actual como capitalismo globalizado, transnacional, automatizado y neoliberal:

1.1.1. La globalización: sus características y etapas de desarrollo. La Revolución Científico-Técnica en las fuerzas productivas: sus rasgos y su papel en el capitalismo actual. Las transnacionales: sus características y su papel en la globalización y la transnacionalización. La automatización y la informatización. La especulación. (Ver obra #1, pp. 1-5; obra #2).

1.1.2. La forma neoliberal de la globalización. El neoliberalismo como ideología y como política predominante en el capitalismo transnacional actual. (Ver obra #1, pp. 6-7; obra #2).

1.1.3. La organización política del capitalismo actual y el Estado capitalista neoliberal: su régimen político de democracia representativa, pluripartidismo y elecciones periódicas. (Ver obra #1, p. 6; obra #2).

2. La restauración conservadora en América Latina en actualidad: su marco histórico, sus causas y sus características neoliberales.

3. La contaminación por plástico, su impacto en la biodiversidad y la salud humana. (Ver obra #6).

PROCEDIMIENTOS SUGERIDOS PARA EL ESTUDIO

- Haga una llave que exponga las características fundamentales del capitalismo en la época histórica actual.
- Fiche la definición de Revolución Científico-Técnica, subraye las palabras clave. Después, exprese la definición con sus propias palabras.
- Elabore un resumen que explique las características y el papel de la Revolución Científico-Técnica en el capitalismo actual.
- Fiche la definición de globalización, subraye las palabras clave. Diga la definición con sus palabras.
- Haga una un resumen que exponga las características de la globalización en el capitalismo actual.
- Elabore un resumen que explique las características del neoliberalismo como ideología y como política predominante en el capitalismo transnacional actual.
- Elabore un resumen que explique el marco histórico, las causas y las características neoliberales de la actual restauración conservadora en América Latina.
- Elabore un resumen donde exponga el impacto de la contaminación por plástico en la biodiversidad y la salud humana, en especial Cuba y Cienfuegos. Para ello debe definir los conceptos de biodiversidad, contaminación por plástico.

PREGUNTAS DE AUTOCONTROL

1. ¿Cuáles son las características fundamentales de la formación económico-social capitalista en la época histórica actual?

1.1 ¿Qué es la Revolución Científico-Técnica? ¿Cuáles son sus características?

1.2 ¿Qué es la globalización? ¿Cuáles son sus características?

1.3 ¿Qué son las transnacionales? ¿Cuáles son sus características?

2. ¿Qué relación existe entre la Revolución Científico-Técnica, las transnacionales y la globalización en el sistema capitalista actual?

3. ¿Cuál es la ideología predominante en el sistema capitalista actual? Explíquela.

3.1 Explique las características de la organización política del capitalismo actual, en especial, del Estado capitalista neoliberal.

4. Explique el marco histórico, las causas y las características neoliberales de la actual restauración conservadora en América Latina.

5. Explique el impacto de la contaminación por plástico en la biodiversidad y la salud humana.

5.1 Explique las políticas tomadas por los gobiernos, en especial Cuba y Cienfuegos.

3-Como sistema de retroalimentación se utilizó un cuestionario abierto y anónimo con 247 estudiantes con lo positivo, negativo e interesante al concluir la clase práctica.

Grupo	Matrícula	Positivo	Negativo	Interesante
1	29	29	2	26
2	31	31	0	31
3	30	30	1	29
4	30	30	0	30
5	32	32	3	32
6	33	33	1	33
7	32	32	3	32
8	30	30	0	30
Total	247	247	10	243

Discusión

El colectivo de la asignatura contribuyó a la formación integral de los alumnos de medicina a partir de fomentar una cultura medio ambiental, en función de desarrollar una educación para la salud como herramienta principal para dar respuestas a la población de conocimientos de los riesgos del ambiente y los estilos de vida dañinos que se asocian al surgimiento de las alteraciones de la salud humana, familias y colectivos objetos de su atención.

El material de apoyo sobre la contaminación por plástico y su impacto en la biodiversidad y la salud humana, se utilizó en la clase práctica logrando la motivación de los estudiantes por este conocimiento. Dicho material puede continuar ampliándose por parte de los docentes del colectivo de la asignatura y los estudiantes para mantenerlo actualizado.

Después de aplicar el cuestionario abierto y anónimo con lo positivo, negativo e interesante, obtuvimos 247 criterios positivos, donde los estudiantes refieren haber ampliado sus conocimientos acerca de los problemas ambientales y el desarrollo de su cultura general sobre el tema, como futuros profesionales de la salud se dotaron de herramientas necesarias para educar a la población en minimizar los riesgos del ambiente y los dañinos estilos de vida, logrando incentivar el nivel de motivación por el tema. Negativo, las limitaciones que tienen Cuba y Cienfuegos como provincia para aplicar las experiencias que existen en el mundo sobre la economía circular. Interesante, la forma en que se aborda el tema en la clase práctica, la manera en que los países establecen políticas en función de mitigar los riesgos ambientales y su posterior impacto en la salud humana, la manera en que se aplica la economía circular en el mundo y en Cuba.

CONCLUSIONES

El material de apoyo elaborado a partir de la compilación bibliográfica consiguió desarrollar la motivación de docentes y estudiantes para continuar investigando sobre la contaminación por plástico y su impacto en la biodiversidad y la salud humana.

El colectivo de la asignatura contribuyó a la formación integral de los alumnos de medicina a partir de fomentar una cultura medio ambiental, en función de desarrollar una educación para la salud.

Cuba ha establecido políticas de programas nacionales e internacionales mostrando resultados en la gestión estatal en función de la protección de la biodiversidad y la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1998). *¿Qué es el protocolo de Kyoto?* <https://unfccc.int>.
- Abanto, C. (2021). *Proyecto internacional para la Economía Circular en Cuba* . <https://twitter.com>.
- Barcia Leyva, I. (2017). Cienfuegos y noruegos realizan estudios sobre contaminación por microplásticos a bordo de Race for Water . 5 de septiembre.cu. <http://www.5septiembre.cu> .
- Borrego, Y. (2021). *La economía circular* . <https://mobile.twitter.com>.
- comunicación, D. D. (2021). *Diagnóstico de la economía circular en Cuba* . <http://www.citma.gob.cu>.
- Concepto de biodiversidad*. <https://www.ecured.cu>.
- Contaminación por plástico se duplicará hacia 2030, advierte agencia de la ONU para el medioambiente*. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/10/22>
- Contaminación por plástico: el eterno problema de los océanos* . <https://www.wwf.org.co/?375810/> .
- El plástico mata ¿Lo llevas en tu sangre? Protégete del impacto del plástico en tu salud*. <https://elplasticomata.com>
- El plástico y la salud humana*. <https://www.ciel.org>
- Gómez Amaró, Y.(2021) *Recuperan cuantiosos volúmenes de material reciclable en la provincia de Cienfuegos*. <http://www.acn.cu/economia/81990>
- Ingredientes que suman, un blog de Oxfam Intermón. (s.f.). *Economía circular: ejemplos en el día a día*. <https://blog.oxfamintermon.org>
- Izquierdo, N.(2022). *Los microplásticos se detectan por primera vez en sangre humana*. <https://gacetamedica.com/investigacion/microplasticos-sangre-humana-investigacion-contaminacion-medioambiente/Leyva>
- Fernández, D. (2022). *¿Cómo aplica Cuba los principios de la economía circular?* . *Granma*. <http://www.granma.cu>
- Melo, M. F.(2018). *Los países que más contaminan los océanos con plástico*. <https://es.statista.com/grafico/14939/>
- Noticias ONU, O nos divorciamos del plástico o nos olvidamos del planeta*. <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>
- Parlamento Europeo. (2023). *¿Cómo quiere la UE lograr una economía circular para 2050?* <https://www.europarl.europa.eu/news/es>.
- Rendón, M. J. (2019). *No importa cuántas veces limpies las costas, el plástico siempre vuelve*. <https://news.un.org/es/story/2019/06/1457361>
- Repsol, W.(2023). *¿Qué es la economía circular?* . <https://www.repsol.com>
- UNESCO. (2019). *Expertos advierten que pérdida de biodiversidad amenaza desarrollo de la humanidad*. <https://www.cubadebate.cu>

17

EARLY ADVENTITIOUS ROOTING OF CUTTINGS AND VARIABILITY OF THE HARVEST INDEX OF THE VARIETY MM105 OF MANIHOT ESCULENTA CRANTZ

ENRAIZAMIENTO ADVENTICIO TEMPRANO DE ESQUEJES Y VARIABILIDAD DEL ÍNDICE DE COSECHA DE LA VARIEDAD MM105 DE MANIHOT ESCULENTA CRANTZ

Chrissy Garel Makouanzi Ekomono

E-mail: garelmak@yahoo.fr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0920-5216>

Marien Ngouabi University. National Forestry Research Institute

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Makouanzi Ekomono, C. G. (2023). Early adventitious rooting of cuttings and variability of the harvest index of the variety MM105 of Manihot esculenta Crantz. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 135-141. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta*) is an important crop for subsistence farmers in Sub-Saharan Africa. Cassava production is subject to a number of constraints, such as diseases and cropping systems, leading to low plant productivity. In order to improve the yield of the MM105 variety by exploring practices that encourage the root system to induce good cassava production, a fully randomisation design with two replications was installed in the nursery. Three planting positions (vertical, slant, horizontal) and two cut model (flat slice, one-sided slice) was investigated. Results reported that the highest number of storage roots, the highest above-ground fresh biomass and the highest harvest index was recorded with the vertical planting position. No cut models effect was found on the rooting of cuttings and harvest index. The one-sided slice induced greater variability in the harvest index than flat slice. The harvest index was negatively correlated with the number of nodes buried in the soil. However, there was a strong correlation between the number of storage roots, the fresh and dry storage roots biomass and the harvest index. The harvest index can be used as selection criterion for individuals within the MM105 variety to increase its tuber production.

Keywords:

Cassava, planting position, cut models, harvest index, adventitious rooting.

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta*) es un cultivo importante para los agricultores de subsistencia del África subsahariana. La producción de yuca está sujeta a una serie de limitaciones, como las enfermedades y los sistemas de cultivo, que dan lugar a una baja productividad de la planta. Con el fin de mejorar el rendimiento de la variedad MM105 explorando prácticas que favorezcan el sistema radicular para inducir una buena producción de yuca, se instaló en el vivero un diseño de aleatorización completa con dos repeticiones. Se investigaron tres posiciones de plantación (vertical, inclinada, horizontal) y dos modelos de corte (rebanada plana, rebanada unilateral). Los resultados mostraron que el mayor número de raíces de almacenamiento, la mayor biomasa fresca por encima del suelo y el mayor índice de cosecha se registraron con la posición de plantación vertical. No se encontró ningún efecto de los modelos de corte sobre el enraizamiento de las estacas y el índice de cosecha. El corte unilateral indujo una mayor variabilidad en el índice de cosecha que el corte plano. El índice de cosecha se correlacionó negativamente con el número de nudos enterrados en el suelo. Sin embargo, hubo una fuerte correlación entre el número de raíces de almacenamiento, la biomasa fresca y seca de raíces de almacenamiento y el índice de cosecha. El índice de cosecha puede utilizarse como criterio de selección de individuos dentro de la variedad MM105 para aumentar su producción de tubérculos.

Palabras clave:

Yuca, posición de siembra, modelos de corte, índice de cosecha, enraizamiento adventicio.

INTRODUCTION

Cassava (*Manihot esculenta*) is a potential source of local food that is widely distributed (Adiele et al., 2020). Its wide agroecological adaptability makes cassava the third most important source of energy in the tropics (Neves et al., 2018). So, it provides household food security and income for millions of smallholder farmers in sub-Saharan Africa (Okogbenin et al., 2013). Sub-Saharan Africa is predicted to see the largest population growth of all world regions, 123% by 2050 (United Nations, 2015). So, Cassava is an important crop for subsistence farmers in this region (de Souza et al., 2017).

In the Congo, cassava is the staple food of the population. Its cultivation is the main activity for almost 98% of farmers (FAO, 2006). The rooting of cassava cuttings is important: on the one hand, the roots produced will perform the classic functions of a root system (anchoring the plant in the soil, absorbing water and feeding on minerals); on the other hand, some of them will accumulate carbohydrates produced by the aerial parts, in the form of starchy tubers, from the first few weeks and throughout the crop cycle (Indira and Sinha, 1970). The total number of roots is generally fixed 4 to 6 weeks after planting (Carluccio et al., 2021). The initial stage in the overall pattern of cassava yield development is the rooting established by the cutting in the first few weeks (Raffaillac, 1992).

However, cassava production is subject to a number of constraints, such as diseases and cropping systems, leading to low plant productivity (Treche and Massamba, 1990). Plant breeding is one way of improving yields. This involves having a diverse range of varieties adapted to a wide range of biotic and soil and climate conditions. Variability within a variety is also sought for genetic improvement purposes (Makouanzi et al., 2022). The Harvest index (HI), which measures the success of the distribution of assimilated photosynthates, is a criterion that contributes significantly to improving crop productivity (Gifford et al., 1984; Hay, 1995). Both environmental and genetic variables affect this agricultural harvest indicator (Asefa, 2019).

The quality of cassava stalks depends on stem age, thickness, number of nodes per stalk and size. Control of these factors is essential for sprouting of vigorous plants capable of producing a good number of roots. The other most important practice in cassava production is the orientation of cuttings at planting which depends on plant variety and environmental conditions, both requiring the undertaking of experiments in different ecological zones to determine the best position (Toro and Atlee, 1984; Legesse et al., 2011). There are three different orientations in which cassava cuttings are usually planted in the field. It may be planted upright in vertical position, upright at an angle (slant) or horizontally beneath the soil.

The orientation of the cuttings influences several growth characteristics of the plant. Moreover, cuttings from different sections of the stem have a varying influence on subsequent growth and yield of cassava (Chávez et al., 2005). It was suggested that long, moderately thick stalks,

taken from the basal part of the plant result in higher root yield (Jennings & Iglesias, 2002). The results of several studies reporting that, in addition to nutrient status, different cutting surface areas cause varying number of callus formation which has implications for the growth of upper plants (Fermont et al., 2010; Okpara et al., 2010; Edet et al., 2013). In the case of cassava, the results are strongly related to tuber diameter, size and weight (Fermont et al., 2010; Agahiu et al., 2011).

The aim of this study is to improve the yield of the MM105 variety of *Manihot esculenta* by exploring practices that encourage the root system to set up in such a way as to induce good cassava production. The questions to be answered by this study are as follows. Does the cut methods at the base of the cutting influence the installation of the root system, leading to a better harvest index for the MM105 variety? What is the planting method that induces rooting favourable to a good tuber yield from the MM105 variety? What is the extent of phenotypic variability in harvest index as a function of cutting type and planting position? What are the relationships between the morphological characteristics of cuttings, plant biomass, rooting characteristics of cassava cuttings and harvest index?

METHODOLOGY

Study location and plant material

The study took place at the nursery of the Institut National de Recherche Forestière in Brazzaville (15°14' longitude East and 4°16' latitude South). The climate in Brazzaville is an equatorial climate of the low Congolese type that prevails in south-western Congo (Samba-Kimbata, 1978). The rains begin very lightly in September, become established in October and end in May. The MM105 variety is the plant material in this study, with cuttings taken at Odziba, 100km from Brazzaville. Ninety cuttings taken from an eight-month-old mature field were used.

Experiment design and traits measured

All cuttings were sectioned at the base in two ways: plat slice (figure 1a) and one-sided slice (figure 1b). The length of each cutting was 20 cm. 30 of the 90 cuttings were used to measure dry weight after being heated at 650°C for 72 hours. On the remaining 60 cuttings, the fresh weight (FWC) and mean diameter (MDC) (mean of 3 measurements taken at the extremities of the cutting and at its middle) of the individual cuttings were measured before they were installed in the trial. The dry weight of the 60 cuttings was estimated using the following simple linear regression equation: $DWC = (0,4609 \times FWC) - 0,4191$.

Other features of the cuttings was determined: the number of nodes in the cutting (NNC) and the number of nodes in cutting buried in the soil (NNCBS).

A fully randomisation design with two replications was installed in the nursery. Each block consisted of thirty culture pots, with one cutting per pot, and each treatment within a block consisted of 5 culture pots. The cuttings were planted in three different positions: vertical and oblique

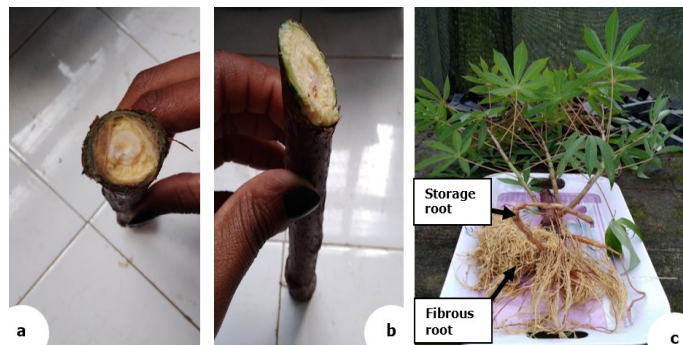
positions where the cuttings were buried to a depth of 10cm, i.e. 1/2 the length of the cutting, and the horizontal position where the cuttings were buried completely to a depth of 5cm in the substrate. The substrate used is potting soil. A total of six treatments were considered (3 planting positions × 2 cut models).

A quantity of 1.5L of water was added per cutting and later per plant for irrigation. The clearance period (CP) was noted for each cutting. Eight weeks after planting, the number of nodal roots (NNR) and basal roots (NBR) was determined, including storage roots (NSR) and fibrous roots (NFR) (figure 1c). They were then weighed in order to measure fresh fibrous roots mass (FFRM) and fresh storage roots mass (FSRM). The number of stems (NS) was counted and weighed together with the leaves (AFB : above-ground fresh biomass). The length of the roots (storage LSR and fibrous LFR) and their diameter (DSR : diameter of storage roots, DFR : diameter of fibrous roots) were also measured using a graduated ruler and callipers respectively. After weighing the various parts of the plant in their fresh state, they were oven-dried at 70°C for 48 hours. After drying, each part was weighed to determine its dry mass (DMFR : dry mass of fibrous roots, DMSR : dry mass of storage roots, ADB : above-ground dry biomass).

The harvest index (HI) was calculated using the following formula :

$$(1) \quad HI = \frac{FSRM}{AFB + FFRM + FSRM}$$

Figure 1. Flat slice (a) and one-sided slice (b) of a cutting, View of a storage and fibrous roots (c)



Statistical analysis

The data were analyzed using R software version 4.2.1. The Scheirer-Raye-Hare and Dunn tests were performed respectively to assess the influence of planting position, cut methods and their interaction on the response traits studied, and to structure the various means. The following analysis model was used:

$$(2) \quad Y_{ijk} = \mu + C_i + P_j + C_i \times P_j + \epsilon_{ijk}$$

Where Y_{ijk} is the response trait, μ is the overall mean of the observations for each trait, C_i is the cut methods, P_j is the planting position effect, $C_i \times P_j$ is the interaction effect between cut methods and planting, ϵ_{ij} is the residual effect.

The Pearson correlations between traits were determined according to the following formula:

$$(3) \quad \frac{cov(x,y)}{\sigma_x \times \sigma_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sigma_x \times \sigma_y}$$

Table 1. Statistics of morphological features of cuttings, of characteristics of rooting cuttings and of plant biomass characteristics

Parameters	Mean	SD	Min value	Max value	CV (%)	P-value C effect	P-value P effect	P-value CxP effect
Morphological features of cuttings								
MDC (mm)	16.93	2.78	11.70	23.65	16.41			
FWC (g)	42.17	17.51	16.40	85.60	41.52			
DWC (g)	19.02	8.07	7.14	39.03	42.43			
NNC	8.27	2.10	2.00	12.00	25.38			
NNCBS	5.53	2.66	1.00	12.00	48.16			
CP	5.80	3.02	2.00	16.00	52.08	0.46188	0.00000	0.25887
Characteristics of rooting cuttings								
NNR	4.85	2.83	0.00	11.00	58.33	0.16446	0.01624	0.50004
NBR	0.58	0.92	0.00	3.00	159.74	0.48554	0.38241	0.46198
NSR	2.47	2.25	0.00	9.00	91.25	0.41680	0.00430	0.98006
NFR	2.95	2.63	0.00	10.00	89.02	0.23735	0.21125	0.53162
LSR (cm)	14.33	4.51	6.00	24.67	31.50	0.24954	0.08604	0.54767
LFR (cm)	11.79	3.99	6.00	21.60	33.87	0.47469	0.29614	0.42957
DSR (mm)	3.47	1.10	1.67	5.38	31.69	0.66759	0.12815	0.75493
DFR (mm)	1.68	0.34	0.43	2.56	20.56	0.14057	0.00354	0.57084

Plant biomass characteristics								
NS	3.54	2.18	0.00	9.00	61.65	0.21521	0.00536	0.57101
AFB (g)	73.43	25.05	0.70	135.70	34.11	0.00569	0.04345	0.98599
FSRM (g)	8.05	6.71	0.80	27.40	83.32	0.02269	0.01264	0.76724
FFRM (g)	53.47	20.15	0.10	97.10	37.69	0.2295	0.2875	0.9188
ADB (g)	46.49	24.66	0.20	123.10	53.04	0.01818	0.08809	0.03693
DMSR (g)	3.04	3.75	0.10	15.80	123.48	0.07799	0.01459	0.90723
DMFR (g)	35.46	19.76	0.10	74.20	55.71	0.13809	0.99086	0.75422
HI	0.05	0.03	0.01	0.14	60.00	0.08064	0.01931	0.88967

Source: Prepared by the author

Where $Cov(x,y)$ is the covariance between two traits to be correlated, x_i and y_i are the individual measures of the two traits to be correlated, and \bar{x} and \bar{y} are the means of the two traits to be correlated, s_x and s_y denote the standard deviations of the two variables to be correlated.

RESULTS AND DISCUSSION

Description of traits

The recovery rate recorded during this study was 92%. The mean diameter of the cuttings was 17mm and their mean fresh weight was 42g. The mean time to bud break was 6 days. The cuttings had an average of 8 nodes and an average of 5.53 nodes buried in the soil. The mean number of storage roots was 2.47, with an mean length of 14.33cm and an mean diameter of 3.47. The number of nodal roots was much higher than the number of basal roots (5 vs. 0.58). With regard to biomass characteristics, the mean number of stems per plant was recorded as 3.54. The mean aerial fresh mass was 73.43g, that of fibrous roots was 53.47g and that of storage roots was 8.05g. The morphological characteristics of the cuttings, rooting and biomass are described in table 1.

MDC : mean diameter of cuttings, FWC : fresh weight of cuttings, DWC : dry weight of cuttings, NNC : number of nodes in the cutting, NNCBS : number of nodes in cutting buried in the soil, CP : Clearance period, NNR : number of nodal roots, NBR : number of basal roots, NSR : number of storage roots, NFR : number of fibrous roots, LSR : length of storage roots, LFR : length of fibrous roots, DSR : diameter of storage roots, DFR : diameter of fibrous roots, NS : number of stems, AFB : above-ground fresh biomass, FSRM : fresh storage root mass, FFRM : fresh fibrous root mass, ADB : above-ground dry biomass, DMSR : dry mass of storage roots, DMFR : dry mass of fibrous roots, HI : harvest index.

Effect of cut models and planting position on the rooting establishment and the harvest index

The vertically planted cuttings budded early. However, cuttings planted horizontally had a delayed budburst, which

can be explained by the fact that all the nodes of the cutting were buried in the soil.

For both cut models, the highest number of storage roots was obtained with the vertical planting position followed by the slant position (figure 2a). The highest number of fibrous roots for the flat slice was obtained with horizontal planting position, whereas for the one-sided slice, the highest number of fibrous roots was obtained with vertical planting. The flat slice induced the emission of nodal roots in large quantities when the cuttings were planted in a vertical position. When the cuttings were planted slanty, basal roots were produced in large quantities (table 1). The highest mean storage root length was recorded with the vertical position. The highest mean diameter of storage roots was recorded with the vertical position followed by the slant position (figure 2b). The highest number of stems, for both cutting methods, was observed in the horizontal position. This result is close to those of Legese et al. (2011) who had the highest number of stems for horizontal planting followed by slant planting and the lowest for vertical planting.

The highest above-ground fresh mass for both cutting methods was obtained with vertical planting followed by horizontal planting (figure 2c). The highest above-ground fresh mass and storage roots were obtained with the flat slice. A number of calluses form on the surface of the cuttings, contributing to the formation of numerous roots capable of absorbing the water and nutrients available in the soil, which are then distributed to all parts of the plant, promoting good development of the aerial part of the plant (Hartati et al., 2021). These formed roots also play a role in the storage of carbohydrates produced during photosynthesis (Wild and Jones, 1988), resulting in a large fresh biomass of storage roots. This explains the high above-ground and storage root fresh biomass observed with flat slice.

Figure 2. Violin plot of the number of storage root (a), diameter of storage root (b), fresh above-ground biomass (c), harvest index (d) depending on cut models and planting position

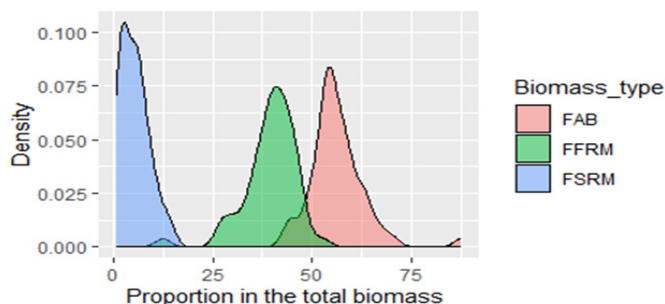
The results of the Scheirer-Raye-Hare test (Table 1) show no significant difference between the cut methods on the rooting of the cuttings. However, this factor had a significant influence on the plants biomass, particularly on the above-ground fresh biomass (AFB) and the fresh mass of the storage roots (FSRM). With regard to planting position, significant differences were noted in the rooting of cuttings and plant biomass, particularly for CP, NSR, NS, AFB and FSRM (table 1).

The method of cut did not influence the harvest index (p -value=0.08), but it was influenced by the planting method (p -value=0.01). The highest mean harvest index was obtained with the vertical position (0.07). The lowest was recorded with the horizontal position (0.03), followed by the slant position (0.04) (figure 2d). This means that vertical planting induce the yield of storage roots more than other positions (horizontal and slant), and therefore a better distribution of assimilated photosynthates. Similar results have been reported by the FAO (2014). They are also close to Legese et al. (2011) who recorded a higher harvest index for slant planting, followed by vertical planting and the lowest in horizontal planting. However the harvest index values obtained in this study are low compared to the mean value of 0.62 obtained by Setiawan et al., (2022) on three elite clones.

Phenotypic variability of harvest index

Storage roots account for 5% of the total fresh biomass, the largest proportion of which is represented by the aerial compartment (56%). Fibrous roots represent 39% of the total fresh biomass (figure 3). The low proportion of storage root biomass compared with the other two compartments is explained by the juvenile age of the plants. It is expected to increase with age, as reported by de Souza et al., (2017).

Figure 3. Proportion of different compartment in the total biomass



The one-sided slice induced greater variability in the harvest index (83.25%) than flat slice (51.17%). Environmental factors such as soil type are thought to induce greater variability for the one-sided slice (Asefa, 2019). Horizontal planting (65.28%) and slant planting (64.45%) induced greater variability in the harvest index than vertical planting (54.08%). The experiment did not show any significant difference between the three planting positions.

Clonal propagation does not generate variation, with the exception of somaclonal mutations (McKey et al., 2012). Moreover, at each harvest, by chance or selection, individuals will express different performances like the harvest index. Improvement of the harvest index, or the proportion of total biomass partitioned into the harvested component, was a key factor driving increased yields in the Green Revolution. Because of this improvement, cassava breeding over the past 30–40 yr has understandably focused upon increasing the harvest index (Ceballos et al., 2010 ; de Souza et al., 2017). Earlier work has suggested that genotypes in which fewer than nine tuberous roots form are sink limited (Cock et al., 1979). In this study, the maximum number of storage roots is equal to nine. Which assumes that mass selection of individuals is feasible on this plant material. This finding has driven interest in analyzing the genes, gene networks and gene products that control tuberous root initiation and bulking. Improving the sink capacity of cassava to increase yield may depend on these molecular targets.

Correlations of harvest index

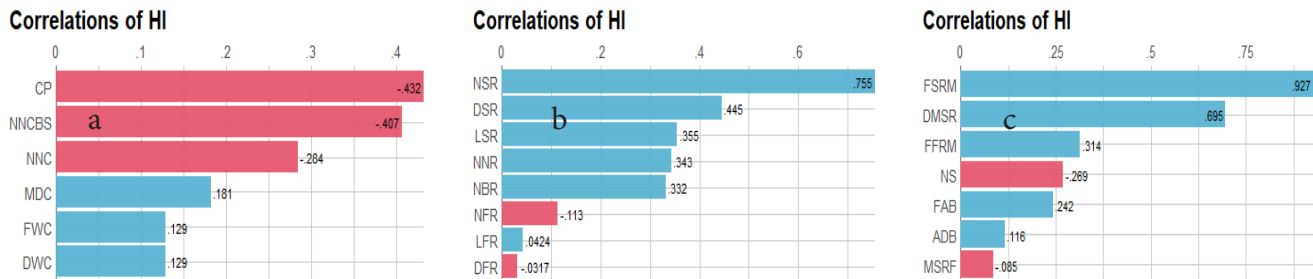
The harvest index was negatively correlated with the clearance period ($r = -0.43$) and the number of nodes buried in the soil ($r = -0.41$). This is because when a cutting has several nodes, this plays very little in favour of the harvest index. Our results are close to those of Bridgemohan and Bridgemohan (2014) on the effect of initial cassava nodes on dry tuber yield at harvest. These authors found that increasing the number of nodes beyond 3 does not improve fresh tuber yield and instead decreases it, automatically acting on the harvest index. They also demonstrated that the initial dry matter content of the nodes had a significant influence on the growth and development of the crop through the production and distribution of assimilates.

The other characteristics of the cuttings (NNC, MDC, FWC and DWC) were not significantly correlated with the

harvest index (figure 4a). For example, there is no significant correlation between the harvest index and the diameter and weight of the cuttings. We conclude that whatever the diameter and weight of the cutting, this has no influence on the harvest index. There was a strong correlation (r

$= 0.76$) between the number of storage roots, FSRM ($r = 0.93$), DMSR ($r = 0.70$) and the harvest index (figures 4b, 4c). These relationships are obvious, as the number of storage roots as well as their weight determines the level of production of a cassava cutting (Cock et al., 1979).

Figure 4. Correlations between harvest index and the morphological features of cuttings (a), characteristics of rooting cuttings (b) and biomass characteristics of plants (c). *The correlation coefficients included in the bands have a p-value of less than 0.05. Those outside the bands are not statistically significant*



CONCLUSIONS

This research focused on defining the factors that promote adventitious rooting of cassava, particularly storage roots. Also, it explored the magnitude of phenotypic variability of the harvest index of the MM105 variety. The planting position has a significant effect on the rooting of cassava cuttings and the harvest index. Vertical and slant plantings performed better than horizontal planting in terms of number of storage roots and harvest index. The cut model did not have a significant effect on the number of storage roots of the cuttings, but did on the biomass of the plants where a high fresh aerial biomass and storage roots were observed. The one-sided slice induces variability in the harvest index. These results can allow breeders to use the harvest index as a selection criterion for individuals within the MM105 variety to increase its tuber production.

REFERENCES

Adiele, J.G., Schut, A.G.T., van den Beuken, R.P.M., Ezui, K.S., Pypers, P., Ano, A.O., Egesi, C.E., & Giller, K.E. (2020) Towards closing cassava yield gap in West Africa: agronomic efficiency and storage root yield responses to NPK fertilizers. *Field Crops Research*, 253 :107820. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107820>

Agahiu, A.E., Baiyeri, K.P., & Ogbuji, R.O. (2011). Correlation analysis of tuber yield and yield related characters in two cassava (*Manihot esculenta* Crantz) morphological types grown under nine weed management systems in the Guinea savanna zone of Nigeria. *Journal of Applied Biosciences*, 48, 3316– 3321.

Asefa, G. (2019). The role of harvest index in improving crop productivity: A review. *Journal of Natural Sciences Research*, 9 (6), 2224-3186. <https://doi: 10.7176/JNSR>.

Bridgemohan, P., & Bridgemohan, R.S.H. (2014). Effect of initial stem nodal cutting strength on dry matter production and accumulation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 6(6), 64-72.

Carluccio, A.V., David, L.C., Claußen, J., Sulley, M., Adeoti, S.R., Abdulsalam, T., Gerth S., Zeeman S.C., Gisel A., & Stavolone L. (2022). Set up from the beginning: The origin and early development of cassava storage roots. *Plant, Cell & Environment*, 45, 1779–1795. <https://doi.org/10.1111/pce.14300>

Ceballos, H., Okogbenin, E., Perez, J., Lopez-Valle, L., & Debouck, D. (2010). Cassava. In : Bradshaw J, ed. Root and tuber crops. New York, NY, USA : Springer-Verlag, pp. 53–96.

Chávez, A.L., Sánchez, T., Jaramillo, G., Bedoya, J.M., Echeverry, J., Bolaños, E.A., Ceballos, H., Iglesias, C.A. (2005). Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. *Euphytica* 143, 125–133. <https://doi.org/10.1007/s10681-005-3057-2>

Cock, J.H., Franklin, D., Sandoval, G., & Juri, P. (1979). The ideal cassava plant for maximum yield. *Crop Science*, 19, 271–279.

De Souza, A.P., Massenburg, L.N., Jaiswal, D., Cheng, S., Shekar, R., & Long, S.P. (2017). Rooting for cassava: insights into photosynthesis and associated physiology as a route to improve yield potential. *New Phytologist*, 213(1), 50–65. <https://doi.org/ 10.1111/nph.14255>

Edet, M.A., Tijani-Eniola, H., & Okechukwu, R.U. (2013). Comparative evaluation of organomineral fertilizer and NPK151515 on growth and yield of cassava varieties in Ibadan, southwestern Nigeria. *African Journal of Root and Tuber Crops*, 10(1), 9–14.

- F.A.O. (2006). Situation du manioc en République du Congo état des lieux et perspectives. Rapport présenté par l'équipe nationale de coordination des activités sur le manioc au Congo, 26p.
- F.A.O. (2014). Variétés et matériel végétal in Le manioc : Produire plus avec moins, Lavoisier, pp. 36-57.
- Fermont, A.M., Titonell, P.A., Baguma, Y., Ntawuruhunga, P., & Giller, K.E. (2010). Towards understanding factors that govern fertilizer response in cassava: lessons from East Africa. *Nutrient Cycling Agroecosystem*, 86(1), 133–151. <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9278-3>
- Gifford, R.M., Thorne, J.H., Hitz, W.D., & Giaquinta, R.T. (1984). Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science*, 225, 801-808.
- Hartati, T.M., Roini, C., & Rodianawati, I. (2021). Growth Response of Local Cassava to Cutting Models and the Number of Buds. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2), 379-391.
- Hay R.K.M. (1995). Harvest index : a review of its use in plant breeding and crop physiology. *Annals of Applied*, 126 (1), 197-216. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1995.tb05015.x>
- Indira, P. & Sinha, S.K. (1970). Studies on the initiation and development of tubers in *Manihot esculenta* Crantz. *Indian Plant Physiol.*, 13: 24-39.
- Jennings, D.L., Iglesias, C. (2002). Breeding for crop improvement. In: Hilllocks RJ, Thresh JM, Bellotti AC. (Eds): Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publications pp. 149-166.
- Legese, H., Gobeze, L., Shegro, A., & Geleta, N. (2011). Impact of Planting Position and Planting Material on Root Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5 (4), 449-454.
- Makouanzi Ekomono, C.G., Nzila, J.D., Kampe, J.P., Nguelet, Moukaha, I., Yallo Mouhamed, S., Dipakama C.M., & Kimpouni, V. (2022). Genotype-by-environment interaction and yield performance of two *Manihot esculenta* Crantz varieties cultivated with legumes in two agro-climatic zones in Congo. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 99 (4), 322-332.
- McKey, D., Elias, M., Pujol, B., Duputié, A., Delêtre, M., & Renard, D. (2012). Maintien du potentiel adaptatif chez les plantes domestiquées à propagation clonale. *Revue d'ethnoécologie*, 1 : DOI : 10.4000/ethnoecologie.741
- Neves, R.J., Diniz, R.P., & Oliveira, E.J. (2018). Productive potential of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) propagated by leaf buds. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1733–1747. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170867>
- Okogbenin, E., Setter, T.L., Ferguson, M., Mutegi, R., Ceballos, H., Olasanmi, B., Fregene, M. (2013). Phenotypic approaches to drought in cassava: Review. *Frontiers in Physiology* 4, 93. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00093>
- Okpara, D.A., Agoha, U.S., & Iroegbu, M. (2010). Response of cassava variety TMS 98/0505 to potassium fertilization and time of harvest in South Eastern Nigeria. *Nigeria Agricultural Journal*, 41(1), 91–100.
- Raffaillac, J.P. (1992). Enracinement de la bouture de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) au cours des premières semaines de croissance. *L'Agronomie Tropicale*, 46 (4), 273-281.
- Samba-Kimbata, M. (1978). Le climat bas-Congolais. Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université de Bourgogne, Dijon, 280p.
- Setiawan, K., Paresta, R., Hadi, M.S., Utomo, S.D., Karyanto, A., & Najib, M.F. (2022). Genetic Variation and Genetic Advance of Three Elite Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Clones Under Wet Dry Climate of Lampung. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1012 (012067) : <https://doi:10.1088/1755-1315/1012/1/012067>
- Toro, J.C., & Atlee, C.B. (1984) Agronomic Practices for Cassava Production, in: Seminar on Cultural Practices of Cassava. Embrapa, Salvador, Anais Brasilia.
- Treche, S. & Massamba, J.P. (1990). Importance du Manioc dans le Régime Alimentaire Congolais. Conférence de l'ORSTOM, Quarante ans de Recherche Scientifique au Congo, Brazzaville, 23 novembre 1989, République du Congo.
- United Nations. 2015. World population prospects : the 2015 revision, key findings and advance tables. Working Paper No. ESA/P/WP. 241. New York, NY, USA : United Nations.
- Wild, A. & Jones, L.H.P. (1988). Mineral nutrition of crop plants. In A. Wild (Ed), *Russell's soil conditions and plant growth* (11th ed.). Harlow, UK: Longman Scientific and Technical, pp. 69-112.

18

RESPUESTA MORFOAGRONÓMICA DE PLANTAS DE *DIOSCOREA ALATA* L. CLON CABALLO CON DISTINTOS TUTORADOS

MORPHOAGRONOMICAL RESPONSE OF PLANTS OF *DIOSCOREA ALATA* L. CLONE CABALLO WITH DIFFERENT TUTORAD

Misterbino Borges García¹

E-mail: misterbinobgarcía@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2052-7294>

¹Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Borges García, M. (2023). Respuesta morfoagronómica de plantas de *Dioscorea alata* L. clon Caballo con distintos tutorados. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 142-149. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El tutorado del cultivo del ñame constituye una de las buenas prácticas para lograr la sostenibilidad con rendimientos altos y estables. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta morfoagronómica de las plantas de ñame (*Dioscorea alata* L.) clon Caballo con el uso de distintos tutores. Las plantas fueron obtenidas de fragmentos de tubérculos sanos (125 g) provenientes de plantas *in vitro* cultivadas durante un primer ciclo de cultivo en campo. Se evaluó el efecto de distintos tutores (varas de marabú, cerca viva perimetral y plantas de yuca) en los principales indicadores morfológicos (número de brotes, diámetro del tallo, longitud y ancho de la hoja) de las plantas a uno, cuatro y siete meses, y agronómicos (número y masa fresca de tubérculos por planta) durante el momento de la cosecha a los nueve meses. Los resultados demostraron la mayor repuesta morfoagronómica de las plantas con el uso de tutores muertos de varas de marabú de 2.5 m de longitud y 6 cm de diámetro.

Palabras clave:

Agricultura sostenible, ñame, tubérculos sanos.

ABSTRACT

The tutors of the yam crop constitute one of the good agricultural practical to get the sustainability with high and stable yields. In the present research to achieve a good vegetative and agronomical development of the yam plants (*Dioscorea alata* L.) clone Caballo coming from healthy tubers under field conditions with the appropriate use of tutors were carried out. The effect of different tutors was evaluated (marabout sticks, alive perimeter fences and cassava plants) in the main morphological indicators (number of buds, diameter of the stem, longitude and wide of the leaf) of the plants of categorized biotechnological seeds of yam clone Caballo under field conditions at one, four and seven months, and agronomic (number and fresh mass of tubers for plant) during the moment of the crop to the nine months. The obtained results demonstrated the biggest morphoagronomical response in the plants with the use of dead tutors of sticks of marabout of 2.5 m of longitude and 6 cm diameter.

Keywords:

Sustainable agriculture, yam, healthy tubers

INTRODUCCIÓN

Las raíces y tubérculos tropicales son alimentos básicos en la dieta de los pobladores de América Latina, Oceanía, África y Asia Oriental. A nivel mundial la producción de raíces y tubérculos se concentra solo en cinco especies (99 %): papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), batata (*Ipomoea batatas*), ñame (*Dioscorea* spp) y la malanga (*Xanthosoma* spp) (Vargas, 2019).

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, el uso de tubérculos sigue siendo el único medio de propagación para millones de pequeños agricultores (Aighewi *et al.*, 2020).

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 (Rodríguez *et al.*, 2018).

En Cuba, la producción del ñame tradicionalmente ha constituido una fuente importante de ingresos y empleos en las regiones oriental y central del país. No obstante, su desarrollo extensivo ha estado limitado entre otras causas, por la poca disponibilidad de material vegetal de plantación con adecuada calidad fisiológica y sanitaria, debido fundamentalmente a que los tubérculos que constituyen la parte útil de la planta para la alimentación, también tienen que ser utilizados como material vegetal de plantación (25 a 35 % de los tubérculos producidos deben ser conservados como “semilla”) (Borges *et al.*, 2018).

Uno de los aspectos que ha limitado el éxito del cultivo del ñame para la obtención de un desarrollo vegetativo óptimo y su impacto en los rendimientos agrícolas ha sido el no tutorado o tutorado inadecuado de las plantas en condiciones de campo. Es por ello, que la presente investigación tuvo como propósito evaluar la respuesta morfoagronómica de plantas de ñame (*Dioscorea alata* L.) clon Caballo en condiciones de campo con el uso de diferentes tutores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Granma en cooperación con la Finca El Neem de la CCS Clemente Ramos Guerra perteneciente a la Empresa Agropecuaria Bayamo, provincia Granma, Cuba.

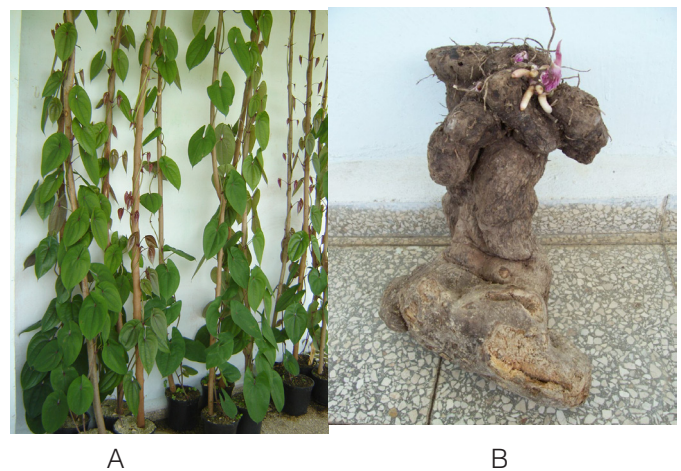
Material vegetal

Se utilizaron fragmentos de tubérculos sanos de 125 gramos de peso de ñame clon Caballo provenientes de plantas *in vitro* cultivadas durante un primer ciclo de cultivo en campo (ocho meses) en el banco de semilla categorizada del Centro de Estudios de Biotecnología de la Universidad de Granma.

Características del clon Caballo

Posee hojas acorazonadas-abarquilladas, enteras, paralelinervias, opuestas, verdes. Peciolos con 4 aristas, los puntos de inserción limbo-pecíolo (PILP) y pecíolo-tallo (PIPT), tanto de las jóvenes como de las adultas, son verdes. Los tallos aristados se arrollan en sentido contrario a las manecillas del reloj y son verdes con tintes morados, los rizomas de forma irregular, lisos, castaño oscuro y la masa blanca la parte comercial, mientras que la parte no comercial tiene color amarillo. Produce bulbillos aéreos, puede cultivarse sin tutores y es tolerante a la antracnosis (Figura 1).

Figura 1. Características del ñame clon Caballo, planta (A) y tubérculo (B)



El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con tres tratamientos, cinco replicas por tratamiento, 100 plantas por replica en total 500 plantas por tratamiento. Los tratamientos consistieron en la utilización de tres tipos de tutorado los cuales fueron colocados a los 30 días de cultivo: varas de marabú (*Dichrostachys cinerea* L.) de 2,5 m de longitud y 6 cm de diámetro (tratamiento 1); cerca viva perimetral compuesta por cardona (*Euphorbia láctea*, Haworth) (tratamiento 2), y plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de dos meses de plantación (Tratamiento 3).

Las parcelas estuvieron conformadas por dos hileras de canteros de 50 m de longitud y 1 m de separación entre canteros. Cada parcela tuvo un área total de 50 m² y 2,5 m entre parcelas para un área experimental de 260 m² por tratamiento y un área total experimental de 520 m².

La plantación se realizó en el mes de marzo en un suelo pardo sialítico carbonatado (Hernández *et al.*, 2015), a una distancia de 1,0 m x 0,5 m en canteros de una altura de 0,4 m a 0,5 m con un plato de 0,15 a 0,20 m, se partió el cantero a una profundidad de unos 0,10 m según el Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame (MINAG, 2008).

Quince días antes de la plantación se realizó una primera aplicación de materia orgánica (compost) a razón de 20 t.ha⁻¹ y a los 90 días se efectuó una segunda aplicación

a razón de 10 t.ha⁻¹, para un total de 30 t.ha⁻¹ como establece el Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame (MINAG, 2008).

El riego se realizó por gravedad en correspondencia con el régimen de precipitaciones de la época lluviosa para mantener la humedad del suelo a plena capacidad de campo; esto unido a las demás atenciones culturales y el control fitosanitario se realizaron según el Instructivo Técnico del Cultivo del Ñame (MINAG, 2008).

El cultivo se desarrolló bajo las siguientes condiciones de cultivo: temperatura 33 C°, humedad relativa 60 – 80 % y fotoperiodo de 11 a 12 horas luz.

La cosecha se efectuó de forma manual a los nueve meses (enero) de la plantación. Se realizó una excavación profunda usando pico, coa y pala para evitar daños en los tubérculos cosechados.

Evaluaciones

De una población total de 5 00 plantas, se tomaron aleatoriamente 100 plantas a las cuales se le calculó a un mes el porcentaje de supervivencia y a uno, cuatro y siete meses en 30 plantas se determinaron los siguientes:

Indicadores morfológicos

- Número de brotes
- Diámetro del brote (mm)
- Largo de la hoja (cm)
- Ancho de la hoja (cm)

Indicadores agronómicos

Número de tubérculos por planta: Se realizó el conteo del número total de tubérculos por cada planta

Masa fresca de tubérculos por planta (kg): Se determinó la masa fresca total de tubérculos por planta

Se monitoreó sistemáticamente la incidencia de plagas según las instrucciones técnicas del cultivo del ñame (MINAG, 2008).

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con tres tratamientos, cinco replicas por tratamiento, 100 plantas por replica en total 500 plantas por tratamiento

Para comprobar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov – Smirnov y para la homogeneidad de varianzas la prueba de Levene. Se utilizó un análisis de varianza de clasificación doble con prueba de comparación múltiples de medias de Tukey al 5 % de probabilidad del error. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentó altos porcentajes de supervivencia de las plantas provenientes de fragmentos de tubérculos sanos de tubérculos del clon Caballo en los tres tipos de tutorado, varas de marabú, cerca viva perimetral y plantas de yuca, sin diferencias significativas entre los tratamientos a los 30 días de establecidos en condiciones de campo (Tabla 1). Esto evidencia la factibilidad técnica y agronómica de la plantación del clon Caballo con distintos tutores sobre la supervivencia y vigorosidad de las mismas.

Tabla 1. Supervivencia de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con distintos tutores a 30 días de cultivo en condiciones de campo

Tratamientos	Supervivencia (%)
Varas de marabú	99
Cerca perimetral viva	100
Plantas de yuca	98
	0,22

Fuente: Elaboración propia

No se presentaron diferencias significativas según la prueba de comparación de proporciones para $p < 0,05$. EE, Error estándar

Estos resultados también corroboran los alcanzados por López (2018) durante la plantación de los clones comerciales Belep (*D. alata* L.) y Blanco de Guinea (*Dioscorea cayenensis subsp. Rotundata* Poir), con un establecimiento exitoso en las cercas perimetrales en condiciones de organopónico a pleno sol con un 100 % de supervivencia en la agricultura urbana del municipio Bayamo.

Estos altos valores de supervivencia en los distintos tratamientos son similares a los alcanzados por Sánchez (2020) al evaluar plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo plantadas en la agricultura urbana del municipio Jiguaní con el uso de tutores de varas de uvita (*Salpichroa origanifolia*) de 2.5 a 3 m de longitud donde obtuvo 100 % de supervivencia de las plantas a los 30 días de plantadas en condiciones de campo.

Indicadores de desarrollo vegetativo

Los indicadores morfológicos no presentaron diferencias significativas para $p < 0.05$ entre los distintos tratamientos, a pesar que para el tutorado con varas de marabú mostró valores ligeramente mayores (Tabla 2).

Esto evidencia que durante este tiempo las plantas provenientes de fragmentos de tubérculos sanos se están adaptando a las nuevas condiciones ambientales en condiciones de campo y todavía no han expresado un desarrollo vegetativo acelerado y vigoroso.

Resultados semejantes fueron observados por Sánchez (2020) al evaluar la respuesta morfológica de diferentes clones de ñame (Belep, Caraqueño y Criollo) en condiciones de campo de la agricultura urbana en el municipio Jiguaní a partir de fragmentos de tubérculos sanos,

donde al cabo de un mes no se presentó diferencias significativas en el número de brotes, diámetro del tallo, largo y ancho de la planta, lo cual fue atribuido al corto tiempo de establecidas en campo, razón por la cual las plantas estaban en un franco proceso de adaptabilidad a las condiciones ambientales.

Tabla 2. Indicadores morfológicos de las plantas de semillas biotecnológicas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con distintos tutores a 30 días de cultivo en condiciones de campo

Tratamientos	Número de brotes	Diámetro del brote (mm)	Longitud de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (cm)
Varas de marabú	1,3	7,3	11,6	8,6
Cerca perimetral viva	1,0	6,6	11,0	8,3
Plantas de yuca	1,0	6,7	10,3	8,0
EE	0,11	0,20	0,28	0,23

Fuente: Elaboración propia

No se presentaron diferencias significativas según la prueba de comparación múltiples de media de Tukey para $p < 0,05$. EE, Error estándar

Sin embargo, los indicadores morfológicos de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con distintos tutores a cuatro (Tabla 3) y siete (Tabla 4) meses de cultivo en condiciones de campo, mostró los mayores valores significativos ($p < 0,05$) para el tratamiento compuesto por varas de marabú, el cual difiere de los tratamientos formados por la Cerca perimetral viva y las plantas de yuca, estos a su vez no difieren entre sí.

Tabla 3. Indicadores morfológicos de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con distintos tutores a cuatro meses de cultivo en condiciones de campo

Tratamientos	Número de brotes	Diámetro del brote (mm)	Longitud de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (cm)
Varas de marabú	2,5 a	10,3 a	14,7 a	11,8 a
Cerca perimetral viva	1,3 b	7,6 b	11,6 b	9,3 b
Plantas de yuca	1,4 b	7,7 b	11,7 b	9,6 b
EE	0,23	0,47	0,44	0,35

Fuente: Elaboración propia

Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente según la prueba de comparación múltiples de media de Tukey para $p < 0,05$. EE, Error estándar

Estos resultados son atribuidos a que las varas de marabú es un componente muerto, que no ofrece competencia con el cultivo del ñame y al permitir la posición vertical de la planta, favorece la mejor nutrición, aireación, espacio, humedad y luz a la planta, y por lo tanto, asegura

un mayor desarrollo vegetativo de la misma y en consecuencia una tuberización más efectiva, con rendimientos agrícolas superiores.

Por el contrario, los tutores vivos, compuestos por la cerca perimetral viva y las plantas de yuca (Figura 2), compiten con los distintos factores ambientales con las plantas de ñame, lo que incide de manera desfavorable en el desarrollo vegetativo de las mismas y sus rendimientos agronómicos.

Tabla 4. Indicadores morfológicos de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con distintos tutores a siete meses de cultivo en condiciones de campo

Tratamientos	Numero de brotes	Diámetro del brote (mm)	Longitud de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (cm)
Varas de marabú	4,0 a	13,0 a	15,6 a	12,3 a
Cerca perimetral viva	2,0 b	8,3 b	13,0 b	9,6 b
Plantas de yuca	2,0 b	8,4 b	13,3 b	10,0 b
EE	0,37	0,82	0,52	0,44

Fuente: Elaboración propia

Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente según la prueba de comparación múltiples de media de Tukey para $p < 0,05$. EE, Error estándar

En este sentido Jiménez y Hernández (2012) señalaron que el tutorado es una práctica que permite orientar el crecimiento de la planta de ñame en forma vertical, con el propósito de que el follaje disponga de luz, ventilación, espacio y exprese todo su potencial de producción. La misma debe realizarse para evitar el contacto entre la planta y el suelo, reduciendo los daños por patógenos.

Figura 2. Desarrollo vegetativo de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo tutorados en varas de marabú (A), cerca perimetral viva (B) y plantas de yuca (C) en condiciones de campo a los siete meses de cultivo



A

B

C

Estos autores también plantearon que el tutorado se puede realizar utilizando diferentes métodos, como el tutorado con maíz (*Zea Mays*) o varas. Se utilizan varas de 3 m de largo separadas cada 3 m sujetando la planta de ñame mediante hilos de nylon. Otro, es el tutorado

con malla plástica; en este sistema es importante dejar una separación vertical entre la malla y el suelo de 12 pulgadas.

El tutorado facilita la realización de labores como el control de malezas y la fertilización. Se debe realizar a más tardar a los 45 días, cuando la planta tenga de tres a cinco hojas y el tallo o bejuco, con suficiente vigor para subir por el tutor, independiente del método.

A pesar que los mejores resultados correspondieron a los tutores muertos, es necesario continuar investigaciones con la utilización de otros tutores vivos que ofrezcan mayor sostenibilidad al agroecosistema y a la producción sostenible del cultivo del ñame.

El uso de soportes vivos se ha favorecido por la necesidad de utilizar prácticas agrícolas sostenibles y la escasez de madera para tutores muertos, aspecto que ha constituido uno de los principales inconvenientes para la extensión en gran escala del cultivo, provocando un decrecimiento de la producción e incremento en los costos.

En esta investigación se demostró la importancia del uso adecuado de tutores para lograr el desarrollo vegetativo óptimo del cultivo, principalmente el tutorado con varas de marabú muertas que no ofrece competencia con la planta y al mismo tiempo permite la orientación correcta de la planta para aprovechar la luz solar natural.

También la utilización de tutores evita que las partes vegetativas de la planta en crecimiento rápido con tejido muy tierno del meristemo apical se ponga en contacto directo con el suelo que posee una alta temperatura debido a la intensidad de la luz solar directa, y provoque daños de quemaduras y necrosis del tejido y un retardo de dos a tres meses del desarrollo del cultivo y su consecuente impacto en el decrecimiento de los rendimientos del cultivo.

En este sentido Luna *et al.* (2018) señalaron que la utilización de tutores en el cultivo de ñame es un sistema de orientación de la planta ecológicamente viable que permite mejorar la interceptación de luz. Estos autores destacan que el cultivo de ñame sin tutor promueve el contacto del meristemo apical o la región meristemática de crecimiento con el suelo provocando quemaduras, esta condición afecta el desarrollo de la planta y consecuentemente la formación de los tubérculos.

El contacto de la región meristemática con el suelo caliente a altas temperaturas de 40 a 50 °C afecta el complejo nodal primario y posteriormente el desarrollo del producto final, el tubérculo. Con relación a ello Vargas (2019) planteó que la vascularización del meristema es conocido como el complejo nodal primario. Este construye el órgano de crecimiento vegetativo renovado del cual se originan los tallos, las raíces y rizomas, a su vez se convertirá en la cabeza del tubérculo a cosechar.

Incidencia de plagas y enfermedades

La evaluación de plagas y enfermedades en las plantas provenientes de tubérculos sanos demostró una baja incidencia de solo el 1 % de las plantas afectadas (datos no

mostrados) al cabo de los siete meses en el mes de octubre con el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Figura 3). Esto estuvo asociado a las intensas lluvias, alta humedad del suelo y el ambiente de cultivo, lo que favoreció el desarrollo de este microorganismo durante esta época del año.

Figura 3. Figura 2. Plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con manchas necróticas en las hojas, defoliación y necrosis del tallo provocadas por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* a los siete meses



Los microorganismos asociados a la antracnosis durante el presente estudio, también han sido informados por Chávez (2017) y Vargas (2019) en otros clones de ñame. Según Pinzón (2014) identificó géneros de *Colletotrichum* sp, *Fusarium* sp, *Curvularia* sp, *Phomopsis* sp y *Pestalotia* sp a partir de hojas de ñame con diferentes afecciones relacionadas con la antracnosis, asociando esta enfermedad al género *Colletotrichum* sp, ya que de los 41 aislamientos realizados 72 % pertenecían a este género. Determinó como agente causal de antracnosis foliar en ñame a *C. gloeosporioides* y de la pudrición del rizoma al patógeno *F. oxysporum*.

Indicadores agronómicos

Los indicadores agronómicos de las plantas del clon Caballo durante el momento de la cosecha a los nueve meses (Tabla 5). La utilización de distintos tutores evidenció los mayores valores significativos ($p < 0,05$) en el tratamiento compuesto por varas de marabú, el cual difiere de los tratamientos formados por la Cerca perimetral viva y las plantas de yuca, estos a su vez no difieren entre sí. Estos resultados son semejantes a los obtenidos para los indicadores morfológicos a los cuatro y siete meses,

lo que indica que en la medida que el desarrollo vegetativo del follaje de la planta es mayor, la conversión de sustancias nutritivas de reservas y su acumulación es los tubérculos es superior.

Tabla 5. Indicadores agronómicos de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo con distintos tutores durante el momento de la cosecha en condiciones de campo

Tratamientos	Número de tubérculos por planta	Masa fresca de tubérculos por planta (kg)
Varas de marabú	1,8 a	4,0 a
Cerca perimetral viva	1,3 b	2,3 b
Plantas de yuca	1,2 b	2,4 b
EE	0,40	0,81

Fuente: Elaboración propia

Medias con letras distintas por columnas difieren significativamente según la prueba de comparación múltiples de media de Tukey para $p < 0,05$. EE, Error estándar.

Los valores del número de tubérculos por planta (1,2 a 1,8) son inferiores a los obtenidos por López (2018) al evaluar en condiciones de cercas perimetrales en orgánicas plantas de ñame *D. alata* L. clon Belep (2,80). Sin embargo, los valores de masa fresca de tubérculos por planta (2, 4 a 4) son similares a los alcanzados por este autor para el clon Belep (2,6 a 3,5).

Los rendimientos alcanzados en la presente investigación en función de la masa fresca de tubérculos por plantas del clon Caballo son considerados como buenos y normales, lo que concuerda con los resultados de rendimiento informados por Degras *et al.*, (1986) a partir de semilla tradicional para *D. alata* L. en condiciones de campo los cuales señalan 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.

Danquaq *et al.*, (2014) quienes hallaron que en *D. rotundata* cv Dente, la respuesta de los rendimientos en dos zonas agroclimáticas de Ghana bajo diferentes tipos de soportes (soporte vivo/ planta y espalderas/surco) afectaron de manera significativa la biomasa foliar fresca y los rendimientos de los tubérculos. El uso de este tipo de sistemas de tutores en Ghana permitió reducir la deforestación de los árboles, los cuales eran utilizados para obtener estacas que dieran soportes al ñame.

La utilización de espalderas en el cultivo de ñame es un sistema de orientación de la planta ecológicamente viable que permite mejorar la interceptación de luz. La realización de esta investigación demostró que la utilización de espalderas puede reemplazar el sistema tradicional de tutores/planta ya que se obtienen rendimientos similares, lo cual genera beneficios a los agricultores al disminuir mano de obra e insumos para el establecimiento

del cultivo, además contribuye con la protección de los recursos vegetales.

Por otra parte, Sosa (2019) al evaluar el uso de diferentes tutores durante la implementación de un sistema de producción de ñame (*D. alata* L.) en el municipio Puerto Libertador, Córdoba, Colombia, concluyó que el mejor tratamiento fue el tutorado con espaldera en comparación de los otros tratamientos, ya que obtuvo mejor resultado en la variable de producción por planta, que al final es lo importante del establecimiento de un proyecto agrícola, que brinde rentabilidad. La utilización de tutorado con espaldera ofrece un mejor beneficio económico, debido a que ofrece mejores resultados de rentabilidad, además disminuye la incidencia por enfermedades fúngicas, por tanto, hay una disminución de la humedad y las plantas no quedan en contacto con la superficie del suelo evitando infección por hongos.

Los sistemas de soporte, espalderas o tutorado, para la planta de ñame espinoso constituyen una práctica de manejo que debe ser implementada por los agricultores, debido a que evita quemazón del tallo y guías de la planta al estar en contacto directo con el suelo, facilita las labores de control de malas hierbas, mejoran la captura de luz de la planta y por ende las tasas de fotosíntesis y el rendimiento de los tubérculos (Wunbei *et al.*, 2019).

Es importante resaltar que en la presente investigación el hecho de partir de fragmentos de tubérculos sanos obtenidas de plantas provenientes del cultivo *in vitro* durante un primer ciclo de cultivo en campo, asegura el rejuvenecimiento y saneamiento del material vegetal y su extensión rápida en la práctica agrícola convencional.

En este aspecto, varios autores han señalado el papel de las técnicas de cultivo de tejidos sobre el rejuvenecimiento del material vegetal. Yeung (2005), planteó que el rejuvenecimiento *in vitro* se produce al perder el tejido la señal que poseía de la planta de origen. Borges *et al.*, (2018) consideraron que el mayor vigor de las plantas procedentes de métodos biotecnológicos puede estar dado por el rejuvenecimiento fisiológico, el no antagonismo con la macro y el microbiota que afecta a la planta en su hábitat natural y el saneamiento que se obtiene a través del cultivo de tejidos, por lo cual se hace difícil separar las tres causas.

En Cuba dentro del plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional se potencia el desarrollo de la producción y diversificación sostenible del cultivo del ñame principalmente a nivel de la agricultura familiar. En este sentido Martínez *et al.*, (2021) señalaron que la producción de ñame atiende a la iniciativa de seguridad alimentaria, genera alimentos para autoconsumo e ingresos para la compra de los bienes que requieren las familias. Las labores del cultivo en su gran mayoría se realizan de forma manual con el uso de mano de obra familiar, lo que hace que el valor monetario del costo baje o por lo menos se constituya en un costo implícito que permite la dinámica y continuidad del sistema de producción.

CONCLUSIONES

La mayor respuesta morfológica y agronómica de las plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo en condiciones de campo a partir de los cuatro meses de cultivo y durante el momento de la cosecha respectivamente se logra con el uso de tutores muertos de varas de marabú de 2,5 m de longitud y 6 cm de diámetro.

RECOMENDACIONES

Implementar el uso de tutores de varas de marabú en plantas de ñame (*D. alata* L.) clon Caballo y extender a otros clones de ñame de interés agrícola y comercial.

Evaluar otros tutores vivos que ofrezcan mayor sostenibilidad al agroecosistema productivo del cultivo del ñame (Maíz, Quimbombó, Canavalia).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la cooperación internacional brindada por el Team project 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 *Impacto de la biotecnología en la producción sostenible del cultivo de ñame a nivel local en el municipio Bayamo*, Granma, Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Borges M., Reyes D, Leyva H., Ávila, U. & Lambert, T. (2018). Producción de ñame clon Criollo a partir de bulbillos aéreos. *Agronomía Mesoamericana*, 29 (1): 75-84.
- Luna, L., Morelos, T. & García, J.A. (2018). Efecto de tipo de tutores y densidad de siembra sobre el rendimiento de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 17 (2) : 7-21. CC BY-NC-SA 4.0.
- Chavez, S. (2017). Identificación de patógenos asociados a antracnosis en el cultivo de ñame (*Dioscorea alata* L.) en la región Huetar Norte de Costa Rica. [Tesis Bachillerato. Campus Tecnológico de Costa Rica]. Sede Regional San Carlos.
- Degras, L. (1986). L'igname, techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 409 pp.

- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. (2017). Programa InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Danquah, E. O. ; Ennin, S.A. ; Lamptey, J. N. & Acheampong, P. P. (2014). Staking Options for Sustainable Yam Production in Ghana. *Sustainable Agriculture Research* 4(1) : 106- 113
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba, 91 p.
- Jiménez, D. & Hernández, R. (2012). Manual técnico cultivo de ñame (*Dioscorea alata* L.). Instituto de Investigación Agropecuarias de Panamá. Departamento de Ediciones y Publicaciones. Panamá, 40 p
- López, N. (2018). Respuesta morfoagronómica de plantas de ñame (*Dioscorea* spp.) procedentes de minisegmentos de tubérculos en condiciones de organopónico. [Tesis en opción al Título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad de Granma. 53 pp.
- Martínez, M.A., Tordecilla, L., Grandett, L.M., Perez, S.P., Regino, S.M. & Luna, L.L. (2021). Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp.) en la región Caribe colombiana. *Avances en Investigación Agropecuaria* 7, 25(2) : 7-34
- Pinzón, Y. (2014). Caracterización morfológica y molecular de *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de ñame (*Dioscorea* spp.) y establecimiento de una escala de virulencia para su caracterización patogénica. [Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia]. Bogotá, Colombia. (En línea). <http://www.bdigital.unal.edu.co/39705/1/1026251587.2014.pdf>.
- 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.
- Sánchez, L.A. (2020). Respuesta morfoagronómica de plantas de ñame (*Dioscorea alata* L.) procedentes de semilla biotecnológica categorizada de tubérculos sanos en el municipio Jiguaní. [Tesis de Maestría en Biotecnología Agrícola]. Universidad de Granma. 61 pp.
- Wumbei, A., Bawa, J. K. A., Akudugu, M. A., & Spanoghe, P. (2019). Absence of Effects of Herbicides Use on Yam Rots: A Case Study in Wulensi, Ghana. *Agriculture*, 9(5), 95-110. DOI: [10.3390/agriculture9050095](https://doi.org/10.3390/agriculture9050095)

- Sosa, M. D. (2019). Implementación de un sistema de producción de ñame (*Dioscorea alata*), en el municipio de Puerto Libertador Córdoba. https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/144.
- 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.

19

RESPUESTA VARIETAL EN LA ETAPA INICIAL DE ZAFRA EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA CIUDAD CARACAS

VARIETAL COMPOSITION IN THE INITIAL STAGE OF HARVEST IN THE AGROINDUSTRIAL SUGAR COMPANY CIUDAD CARACAS

Irenaldo Delgado Mora¹

Email: ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-8625>

Gerardo Blas Martín Martínez²

Email: gerardo.martin@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3419-0777>

Héctor Jorge Suárez³

Email: hector.jorge@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8170-555X>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC). Villa Clara.

²Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Lajas. Cienfuegos.

³Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Delgado Mora, I., Martín Martínez, G.B., Jorge Suárez, H. (2023). Respuesta varietal en la etapa inicial de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 150-156. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta varietal de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas en la etapa inicial de la zafra azucarera. Las observaciones se tomaron de las cosechas comprendidas en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022, con cuatro replicas en la cepa planta y retoño. El rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), se determinaron según la metodología establecida por el INICA. Para la estimación de la estabilidad y la adaptabilidad fenotípica, se definieron como ambientes los dos meses de evaluación en las dos cepas estudiadas, y como genotipos los 10 cultivares. Finalmente se complementó la definición de los ambientes de prueba, con la determinación de su habilidad discriminadora y representatividad. Como resultado se obtuvo que los cultivares C1051-73 y CP52-43 presentaron altos rendimientos y estabilidad en la etapa evaluada; así como C323-68 y C86-56 inestabilidad. Los cultivares C323-68 y C86-56 ofrecieron integralmente valores inferiores de rendimiento en el mes de enero, reafirmando sus potencialidades de madurez tardía. Los mejores resultados entre ambas cepas los mostraron C1051-73, CP52-43, C86-156, C86-12 y C90-469 para el inicio de la zafra.

Palabras clave:

Estabilidad, adaptabilidad, madurez temprana, habilidad discriminadora y representatividad.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the varietal response of sugar cane in the Agroindustrial Sugar Company Ciudad Caracas in the initial stage of the sugar harvest. The observations were taken from the harvests between the months of December 2021 and January 2022, with four replicates in the plant strain and shoot. The sugar yield (percentage of pol in cane) was determined according to the methodology established by INICA. For the estimation of stability and phenotypic adaptability, the two months of evaluation in the two strains studied were defined as environments, and the 10 cultivars as genotypes. Finally, the definition of the test environments was complemented, with the determination of their discriminatory ability and representativeness. As a result, it was obtained that the cultivars C1051-73 and CP52-43 presented high yields and stability in the evaluated stage; as well as C323-68 and C86-56 instability. The cultivars C323-68 and C86-56 offered integrally lower yield values in the month of January, reaffirming their potential for late maturity. The best results between both strains were shown by C1051-73, CP52-43, C86-156, C86-12 and C90-469 for the beginning of the harvest.

Keywords:

Stability, adaptability, early maturity, discriminatory ability and representativeness.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*), es un cultivo comercial importante, la cual representa el 75 % de la producción mundial de azúcar (Durai et al., 2020). El cultivar ideal, es el que presenta alta productividad cuando es plantado bajo diferentes tipos de suelos (alta o baja hidromorfía, relieve y compactación) y condiciones climáticas (precipitaciones y temperatura) (Delgado, 2022).

El principal factor que dificulta el aumento de la producción de caña de azúcar es la interacción genotipo ambiente. La misma, se expresa en la heterogeneidad de los suelos, relieve accidentado y sobre todo en la irregularidad de las precipitaciones con largos períodos poco lluviosos (Delgado et al., 2023).

El cultivo de la caña de azúcar, está caracterizada genéticamente como un organismo poliploide complejo con un alto número de cromosomas. Su ciclo biológico, bien extendido, es superior a los 12 meses y tiene una base genética estrecha, la cual dificulta los trabajos de mejoramiento genético y selección de nuevos cultivares (González et al., 2019; Delgado, 2022).

Uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento genético del cultivo, es obtener variedades con altos rendimientos, mediante el incremento del contenido azucarero o de sacarosa y/o del rendimiento agrícola o de caña. El mejoramiento del contenido de azúcar es altamente atractivo, porque permite incrementar los ingresos con un aumento marginal en los costos de producción, cosecha, transporte y molienda (González et al., 2019).

La contribución del mejoramiento genético al incremento de los rendimientos en los cultivos, de manera general, es de alrededor del 50%. En caña de azúcar, se atribuye entre un 50 y 75% al uso de los cultivares, ellos son el verdadero almacén de azúcar en el campo y la fábrica no hace más que extraerla (Delgado et al., 2023).

Un problema actual en el incremento de la producción azucarera mundial, está en que el rendimiento de sacarosa del cultivo al inicio de la cosecha (noviembre, diciembre y enero), presenta valores bajos, por lo que resulta conveniente disponer de cultivares con alto contenido y acumulación temprana de sacarosa para esta etapa (Delgado et al., 2016; Jorge et al., 2017). La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes, es una de las prácticas más usuales en la recomendación de nuevos cultivares a los productores (Gordon et al., 2006).

A menudo, la ocurrencia de la interacción genotipo-ambiente en ensayos multiambientales exige la realización de estudios adicionales, con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica (Delgado, 2022). La literatura científica en Cuba, sobre la respuesta de los cultivares en diferentes períodos de cosecha (inicio, medio y final) son limitadas en número y actualización (González, 2019). De ahí la importancia

de retomar las investigaciones bajo las condiciones actuales y poder recomendar cultivares para las etapas iniciales de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas.

Por estas razones y por el periodo de madurez de los cultivares de caña de azúcar, las labores de cosecha se planifican y ejecutan en períodos secos (noviembre hasta abril). Sin embargo, los períodos más críticos en cuanto al rendimiento fabril, ocurren en la primera etapa de zafra (noviembre-enero) lo que ha sido una preocupación de los productores y un reto para los mejoradores (Jorge et al., 2011). Por ello, el objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta varietal de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas en la etapa inicial de la zafra azucarera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas, en Lajas, provincia de Cienfuegos, perteneciente al Grupo Azucarero AZCUBA. Las observaciones se tomaron de las cosechas comprendidas en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022, con cuatro replicas en la cepa planta y retoño. Se evaluaron un total de 10 cultivares recomendados por el INICA a la producción, que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Cultivares en estudio y sus progenitores

No	Cultivares	Progenitor femenino	Progenitor masculino
1	B80250	Desconocido	
2	C1051-73		
3	C323-68	B4362	C87-51
4	C86-12	Desconocido	
5	C86-156	C16-56	C87-51
6	C86-56		
7	C87-51	Co281	POJ2878
8	C90-317		
9	C90-469	C87-51	Ja60-5
10	CP52-43	CP43-64	CP38-34

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares estudiados en la etapa inicial de la zafra azucarera

Para la estimación de la estabilidad y la adaptabilidad fenotípica, se definieron como ambientes los dos meses de evaluación en las dos cepas estudiadas (Tabla 2), y como genotipos los 10 cultivares referidos en la tabla 1. Fueron evaluadas mediante el modelo de Regresión de Sitios (SREG) o GGE-Biplot por el programa Infogen (Balzarini y Di Rienzo, 2016) basado en el método de Gabriel (1971) y Yan y Tinker (2006).

Tabla 2. Ambientes que se definieron para la estimación de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica

Ambientes	Definición
C1M1	Cepa planta en el mes diciembre
C1M2	Cepa planta en el mes enero
C2M1	Cepa retoño en el mes diciembre
C2M2	Cepa retoño en el mes enero

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar los patrones de interacción con remoción de los efectos de ambiente (datos centrados por sitio), se denominó Modelo SREG de orden M a la expresión:

$$(1) E(y_{ij}) = \mu + \beta_j + \varphi + e_{ij}$$

$$(2) \varphi = y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum_{m=1}^M \lambda_m u_{mi} v_{mj}$$

Donde: y_{ij} : observación correspondiente a la combinación de niveles ij ; μ : media general, β_j : efecto del ambiente j ; φ : efecto del cultivar más la interacción del cultivar-ambiente; λ_m corresponde al valor singular de orden m ; u_{mi} : coordenada i -ésima del vector singular asociado a λ_m ; v_{mj} : coordenada j -ésima del vector singular asociado a λ_m ; e_{ij} : residuo.

Finalmente se complementó la definición de los ambientes de prueba, con la determinación de su habilidad discriminatoria y representatividad.

Determinación del rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), en cultivares de caña de azúcar de madurez temprana en la etapa inicial de la zafra azucarera

El rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña (PPC)), se determinaron según la metodología establecida por el INICA (Jorge et al., 2011). Las técnicas analíticas utilizadas se desarrollaron según el Manual Azucarero de Control Unificado (MACU) (ICINAZ, 2006).

En la evaluación estadística se utilizó un ANOVA simple de efecto fijo para cada cosecha en las dos cepas evaluadas. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Múltiple Rango con dócima de Tukey ($P < 0,05$). Los datos originales fueron comprobados para su ajuste a la normalidad mediante la prueba de Bartlett, con su correspondiente Chi cuadrado. El paquete estadístico utilizado fue: STATISTICA 12.0., sobre Windows e InfoGen versión 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares estudiados en la etapa inicial de la zafra azucarera

Al desarrollar el análisis de varianza trifactorial (Variedad*Mes*Cepa), el mismo mostró que las interacciones de primer y segundo orden, fueron significativas ($p < 0,05$) (Tabla 3). Aspecto este, que conllevó a desarrollar un análisis similar por ambientes separados, dado el interés de conocer la respuesta de la interacción variedad*cepa en cada mes.

Tabla 3. Análisis de varianza Trifactorial (Variedad*Mes*Cepa) de la variable en estudio

Causa de variación	PPC		
	CM	F	p
Variedad	3,06	5,38	0,0000
Mes	33,73	59,39	0,0000
Cepa	74,03	130,35	0,0000
Variedad*Mes	5,76	10,14	0,0000
Variedad*Cepa	4,58	8,07	0,0000
Mes*Cepa	10,79	19,00	0,0000
Variedad*Mes*Cepa	1,81	3,19	0,0017
Error	0,57		

Fuente: Elaboración propia

PPC: Porcentaje de pol en caña; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación

Los análisis por los modelos bifactoriales de efectos fijos, mostraron que las interacciones de primer orden fueron significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4). Por ello, se realizó la representación gráfica de la interacción de los genotipos en el ambiente conformado por la cepa y el mes, a través del modelo lineal-bilineal de Regresión de Sitios (SREG) o GGE-biplot.

Tabla 4. Análisis de varianza del modelo Bifactorial (Variedad*Cepa) en cada mes

Causa de variación	MES DICIEMBRE			MES ENERO		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	4,01	6,57	0,0000	4,81	9,15	0,0000
Cepa	70,67	115,69	0,0000	14,15	26,94	0,0000
Variedad*-Cepa	4,58	7,50	0,0000	1,81	3,45	0,0017
Error	0,61			0,53		

Fuente: Elaboración propia

PPC: porcentaje de pol en caña; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación

Evaluación de ambientes y adaptabilidad de los cultivos estudiados para el PPC

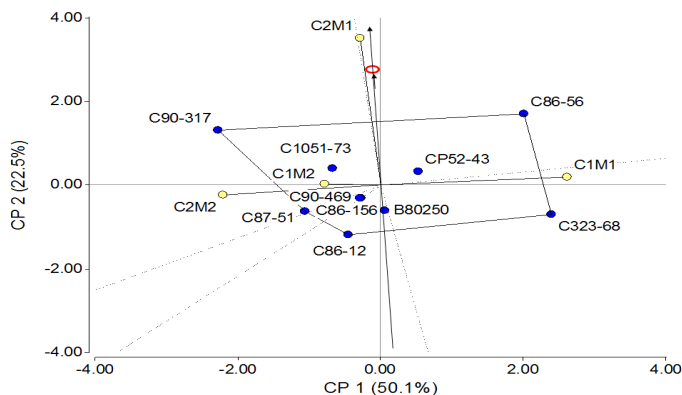
La Figura 1 mostró el gráfico del modelo biplot GGE para la variable PPC. En el plano de las dos primeras componentes (CP1 y CP2) se explican el 72.6% de la variación fenotípica total, donde los cultivos C86-12, C323-68, C86-56, C90-317 y C87-51 forman el vértice del polígono.

El cual quedó dividido en cuatro cuadrantes, los cuales contienen al cultivar en el extremo, que son los que rinden más en los ambientes que quedan encerrados cada cuadrante. Este análisis, es uno de los más utilizados en estudios de IGA en la actualidad (Santos et al., 2016; Delgado, 2022).

El cuadrante I, contiene al cultivar C86-12 como vértice, incluyendo a C86-156, B80250 y C90-469. Este cuadrante no contiene ningún ambiente incluido. El segundo cuadrante tiene a C323-68 como vértice y no presenta otro cultivar dentro del cuadrante; sin embargo contiene al ambiente C1M1.

El tercer cuadrante está representado por C86-56 como vértice, contienen además a CP52-43 y al ambiente C2M1. Mientras, el cuarto cuadrante está identificado por C90-317 y C87-51 como vértices y contiene a C1051-73; así como a los ambientes C1M2 y C2M2.

Figura 1. Habilidad discriminatoria y representatividad de los ambientes de prueba para el PPC, mediante los vectores ambientales resultantes del análisis GGE biplot



Varios investigadores han utilizado este modelo de Yan y Tinker (2006), así como el promedio ambiental y la comparación de cultivos con el ambiente ideal, Cherinet et al., (2016) en girasol. Delgado et al., (2016), indicaron que los cultivos tienden a responder de manera desigual en los diferentes sitios, como lo señalaron Rea et al., (2014). Asimismo, se refieren a Rodríguez et al., (2010), los cuales informaron resultados similares en la adaptabilidad de genotipos en ambiente específicos.

El ambiente C1M1 (cepa planta en diciembre) forma un ángulo obtuso con el resto de los ambientes, es decir, ofrece correlación negativa; cuando aumenta uno puede disminuir el otro o viceversa. Mientras que los ambientes

C1M2 (cepa planta en enero) y C2M2 (cepa retoño en enero) forman un ángulo agudo ($<90^\circ$) entre sí, así como también, estos con C2M1 (cepa retoño en diciembre), teniendo una correlación positiva (Yan et al., 2000).

La mayoría de los ambientes evaluados presentaron largas longitudes de sus vectores, indicando que son ambientes informativos y discriminativos, útiles para seleccionar genotipos con adaptación específica e inestable. Sin embargo, C1M2 (cepa planta en enero) mostró corta la longitud de su vector. Yan y Tinker, (2006), señalaron que un ambiente de prueba que no discrimine ofrece poca información sobre los genotipos. Siendo una necesidad del mejoramiento genético y del sector azucarero del país, obtener genotipos con altos rendimientos para esta etapa de inicio de la zafra.

Arocha (2020) y Delgado et al., (2021), señalaron en un estudio de los ambientes noviembre y diciembre, las largas longitudes de los vectores que presentaron estos meses, así como la correlación positiva que presentan sus ángulos ($<90^\circ$). Resultado este que coincidió también por lo informado por Delgado et al., (2019) en un estudio de ambientes de prueba conformados por cuatro localidades y dos cepas. Rodríguez (2018), también informó en un estudio de los cultivos en similares ambientes, como a través del Análisis de Componentes Principales, se obtuvo una explicación del 69.5% de la variación fenotípica total en el plano de las dos primeras componentes.

El ambiente C2M1 (cepa retoño en diciembre), fue el más representativo, formando un ángulo pequeño (agudo) con respecto al promedio ambiental (figura 9). Sin embargo, los restantes ambientes estuvieron más alejados, es decir, fueron menos representativos.

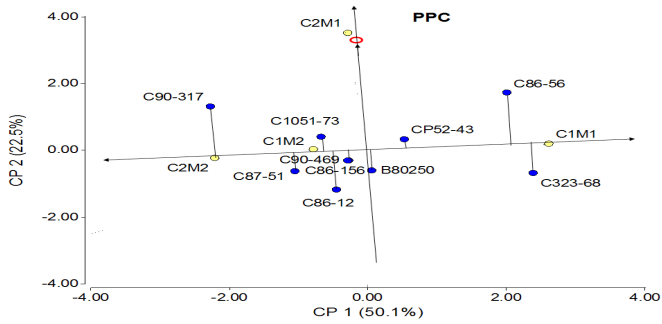
Yan y Tinker, (2006) definen que los puntos situados en el eje del promedio ambiental en dirección (positiva) más representativa cuya distancia del origen del biplot, es igual al vector mayor de todos los ambientes, es decir, el vector más informativo. Aquel ambiente que esté más cercano a dicho punto, es el más recomendable.

Camargo et al., (2011) identificaron ambientes representativos y discriminativos para seleccionar genotipos de arroz mediante el Biplot GGE, logrando separar las localidades más discriminativas y las más representativas, permitiendo priorizar la investigación en aquellas localidades más apropiadas para identificar genotipos superiores.

Comportamiento medio y estabilidad de los genotipos

La Figura 2 ofreció el biplot GGE con el comportamiento y estabilidad de los genotipos basado en el eje promedio ambiental; la línea de una sola flecha representa el eje promedio ambiental, este punto tiene alto rendimiento medio ambiental y la línea de doble flecha del gráfico, tiene este punto gran variabilidad (estabilidad pobre) en una u otra dirección (Yan y Tinker, 2006).

Figura 2. Comportamiento y estabilidad de los genotipos basado en el eje de coordenadas del ambiente promedio para el PPC, mediante el análisis GGE biplot



Por ello, los cultivares C90-317 y C86-56 poseen el rendimiento más alto, sin embargo, fueron inestables. Aspecto este, que demostró lo variable del rendimiento en estos genotipos, el cual puede ser bajo en otros ambientes. De esta manera, C1051-73 y CP52-43 poseen valores altos de rendimiento medio, pero alta estabilidad. Mientras, C86-12 y C323-68 mostraron bajos rendimientos e inestables.

Delgado et al., (2023), en evaluaciones mensuales de un grupo de cultivares de caña de azúcar, determinaron la alta inestabilidad del rendimiento en el período de noviembre y diciembre; sin embargo, a partir del mes de enero había mayor similitud en su comportamiento. Sin embargo, también informaron que los cultivares CP52-43 y C1051-73 se pueden utilizar para la cosecha a inicios de zafra (noviembre-enero) y dejar C86-12 y C86-56 para los finales de ésta (marzo-abril). Resultados similares a estos fueron descritos por Delgado et al., (2016), al comparar el comportamiento industrial de un grupo de cultivares de caña de azúcar entre los meses de enero hasta abril.

En ese mismo sentido Jorge et al., (2021) detectaron diferencias en los rendimientos agrícola e industrial en los tres momentos de cosecha (inicio, medio, tardío). Sobre la base de las consideraciones anteriores, Jorge et al., (2018) señalaron que para la evaluación de cultivares de caña de azúcar se necesita contar con ambientes contrastantes para que los mismos muestren las potencialidades del rendimiento agroazucarero.

Determinación del rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), en cultivares de caña de azúcar de madurez temprana en la etapa inicial de la zafra azucarera

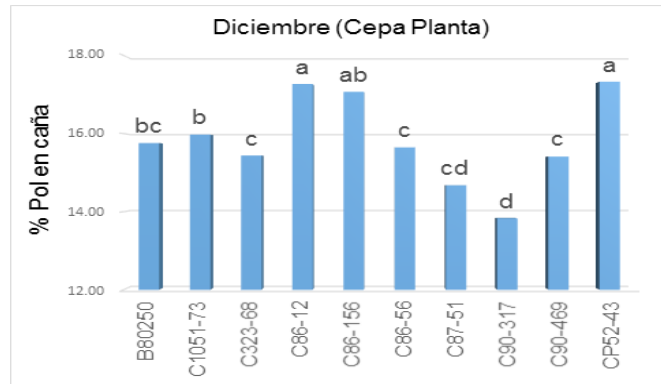
Al analizar la respuesta varietal por cepas separadas y en cada mes, se pudo observar como en el mes de diciembre existió diferencias estadísticas significativas en planta y retoño (Tabla 5). Sin embargo, al desarrollar la comparación de medias de las variedades en la cepa de planta, resultó a CP52-43, C86-12 y C86-156 con los resultados más destacados en el porcentaje de pol en caña. Resultados estos, que confirman las potencialidades de estos cultivares en su recomendación a extensión; así como C90-317 con los valores más bajos para esta etapa (Figura 3).

Tabla 5. Análisis de varianza de la variable PPC en cada cepa. Mes diciembre

Causa de variación	Planta			Retoño		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	5,15	6,21	0,0000	3,445	8,78	0,0000
Error	0,83			0,392		

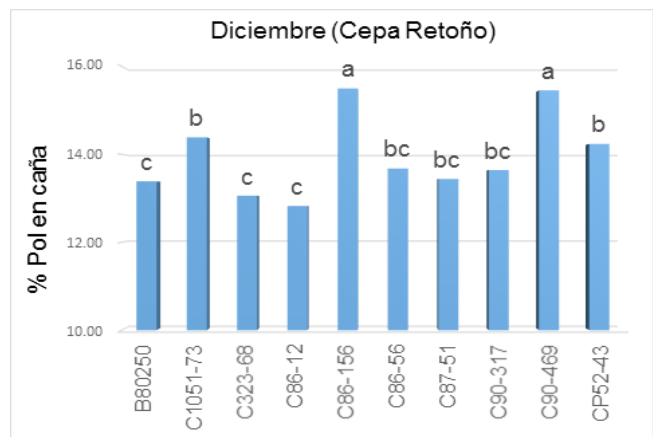
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de diciembre, cepa planta. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



En cuanto al retoño, en la variable porcentaje de pol en caña para el mes de diciembre, los mejores resultados los ofrecen C90-469 y C86-156. Este último cultivar, presentó similar respuesta a la alcanzada en la cepa de planta (Figura 4).

Figura 4. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de diciembre, cepa retoño. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



El análisis de varianza en la variable porcentaje de pol en caña para el mes de enero, existieron diferencias estadísticas significativas en la respuesta varietal en ambas cepas (Tabla 6). Sin embargo, al desarrollar la comparación de medias de las variedades en la cepa de planta, resultó a C1051-73 y CP52-43 con los resultados más

destacados en el porcentaje de pol en caña; así como a B80250, C323-68 y C86-56 con los valores más bajos para esta etapa (Figura 5).

Tabla 6. Análisis de varianza de la variable PPC en cada cepa. Mes enero

Causa de variación	Planta			Retoño		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	2,94	5,95	0,0000	3,674	6,62	0,0000
Error	0,50			0,555		

Fuente: Elaboración propia

En la cepa de retoño para el mes de enero, la mayoría de los cultivares presentaron excelentes resultados en la variable porcentaje de pol en caña (Figura 6). Sin embargo, C323-68 y C86-56 ofrecieron los menores valores. Aspecto este, que coincide con los resultados mostrados en la cepa de planta. Estos resultados coincidieron con los señalados por Delgado et al., (2023), quienes informaron la alta productividad que tienen varios cultivares en esta etapa de zafra y que C323-68 reafirma las características para las cuales se recomendó, para las etapas finales por tener una madurez tardía.

CONCLUSIONES

Los cultivares C1051-73 y CP52-43 presentaron altos rendimientos y estabilidad en la etapa evaluada; así como C323-68 y C86-56 con los valores más bajos en el variable porcentaje de pol en caña.

Los cultivares CP52-43, C323-68 y C90-317 poseen los más altos valores del porcentaje de Fibra; así como, C86-56 bajos valores y estables. (Fig. 5)

Los mejores resultados en la variable RPC los ofrecen los cultivares CP52-43 y C86-156.

Figura 5. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de enero, cepa planta. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

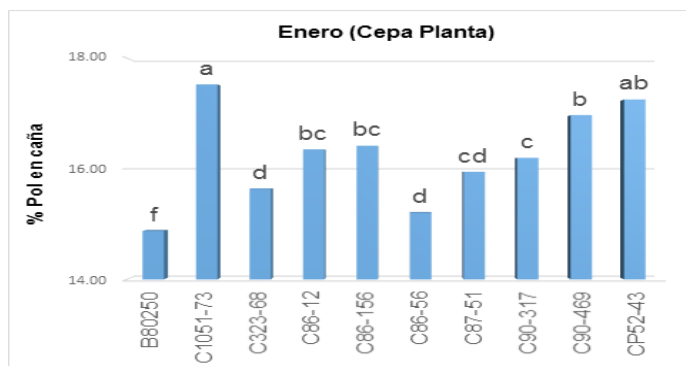
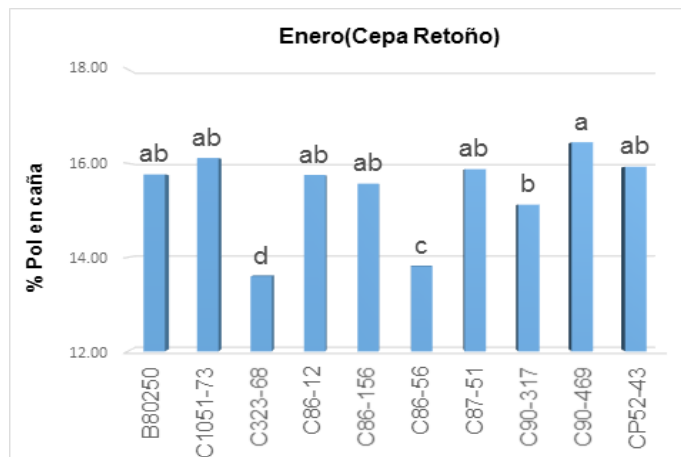


Figura 6. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de enero, cepa retoño. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arocha, D. (2020). Respuesta del rendimiento azucarero de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en diferentes momentos evaluativos en suelos sialitizados no cálcicos. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo). Universidad de Cienfuegos.
- Balzarini, M., & Di Rienzo, J. A. (2016). InfoGen versión 2016. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.info-gen.com.ar>.
- Camargo, I., Quirós, E., & Gordón, R. (2011). Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el biplot GGE. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 245-255.
- Cherinet, AW., Mekonnen, M., Tazebachew, A., Fentie, D., Mihiretu, E., & Esmael, J. (2016). GGE Stability Analysis of Seed Yield in Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus*. L.) in Western Amhara Region, Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. Int. J. Plant Breed. Genet., 10 (2), 104-109.
- Delgado, I., Núñez, D., Jorge, H., Guillén, S., Díaz, F. R., Gómez, J. R., Suárez, O., & Montes de Oca, J. L. (2016). Evaluación de cultivares de caña de azúcar de madurez temprana, para el inicio de la zafra azucarera en suelos sialitizados no cálcicos. *Revista Centro Agrícola*, 43(2), 5-13.
- Delgado, I. (2022). Perfeccionamiento de la recomendación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) del programa de mejoramiento genético, según el período y momento óptimo de maduración. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (Tesis Doctoral). 98p.

- Delgado, J., Ferrer, M., & Pardo, L. (2023). Comportamiento agroindustrial de la maduración en seis cultivares de caña de azúcar en Mayabeque, Cuba. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 27(79), 29 – 35.
- Delgado, I., Arocha, D., Gómez, J. R. & Jorge, H. (2021). Respuesta de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para el rendimiento azucarero, en diferentes momentos evaluativos.
- Delgado, I., Jorge, H., Machado, I., & Cornide, M. T. (2019). Diferentes métodos para determinar el período óptimo de maduración de cultivares de la caña de azúcar. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 53(2), 3-15.
- Delgado, I., Jorge, H., Pérez, L., & Cornide, M. T. (2019). Análisis de la interacción genotipo ambiente en diferentes condiciones edafoclimáticas en Cuba mediante el GGE biplots. *Revista ICIDCA*, 53(1), 3-12.
- Delgado, I., Rodríguez, S., Gómez, J. R., & Jorge, H. (2022). Evaluación de la madurez de cultivares de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Cienfuegos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 56(1), 3-10.
- Durai, A. A., Mahadevaiah, C., & Gopinath, K. (2020). Identification of early and mid-late maturing sugarcane varieties for western region of Tamil Nadu. *Journal of Sugarcane Research*, 10, 32-42.
- Gabriel, K. R. (1971). The Biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58, 453–467.
- González, A. N., Jorge, H., Menéndez, A., & Vera, A. (2019). Nuevos cultivares de caña de azúcar para iniciar zafra en el ingenio Ofelina de Panamá. *Bioteología Vegetal*, 19(3), 179-191.
- González, R. M. (2019). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. *Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados*. Editorial ICIDCA, La Habana, Cuba. Primera edición, 216p.
- Gordon, M. R, Camargo, B., Franco, B., & González, S. (2006). Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17(2), 189-199.
- Cuba. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras. (2006). *Manual de métodos analíticos para el control unificado. Azúcar crudo y Azúcar refino*, Sala Nacional de Control y Análisis, Ministerio del azúcar, 9p. ICINAZ.
- Jorge, H., Delgado, I., González, A., Vera, A., Cornide, M. T., Cabrera, L., Díaz, F. R., Gómez, J. R., Suárez, O., Torres, I., Valladares, F., Cruz, R., Céspedes, A., & Puchades, Y. (2017). Potencial azucarero de un grupo de cultivares de caña de azúcar en Cuba. *Revista ICIDCA* 51(2), 59-66.
- Jorge, H., Menéndez, A., González, A., Delgado, I., Gómez, J. R. (2018). Evaluación de genotipos de caña de azúcar en diferentes ambientes en el ingenio Ofelina, República de Panamá. *Centro Agrícola*, 45(1), 24-33.
- Jorge, H., González, A. N., Delgado, I., Bodaños, R., Suárez, O., Céspedes, A., Gómez, J. R., Díaz, F. R., Puchades, Y., & Rodríguez, R. (2021). Interacción genotipo x ambiente en caña de azúcar en diferentes momentos de cosecha. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 55(1), 8-19.
- Jorge, H., González, R., Casas, M., & Jorge, I. (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, PUBLINICA. 308 p.
- Rea, R., de Sousa-Vieira, O., Díaz, A., Ramón, M., Briceno, R., George, J., & Niño, M. (2014). Genotype-environment interaction in sugarcane by AMMI and site regression models in Venezuela. *Revista Fac. Agron. (LUZ)*, (31), 362-376.
- Rodríguez, S. (2018). Respuesta de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en diferentes períodos de evaluación en la provincia de Cienfuegos. Universidad Fructuoso Rodríguez. Cienfuegos. Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniera Agrónoma.
- Rodríguez, R., Puchades, Y., Bernal, N., Jorge, H., & García, H. (2010). Métodos estadísticos multivariados en el estudio de la interacción genotipo ambiente en caña de azúcar. *ISSCT*.
- Santos, A., Ceccon, G., Teodoro, P. E., Correa, A. M., Rita de Cássia, F., da Silva, J. F., & Batista, V. (2016). Adaptability and stability of erect cowpea genotypes via REML/BLUP and GGE Biplot. *Bragantia*, Campinas, 75(3): 299-306.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci*, 40, 597-605.
- Yan, W., & Tinker N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86, 623–645.

20

LOS PROCESOS CAPACITIVOS COMO BASE PARA EMPRENDER LA INNOVACIÓN EN ESTRUCTURAS PRODUCTIVAS LOCALES

CAPACITIVE PROCESSES AS A BASIS FOR UNDERTAKING INNOVATION IN LOCAL PRODUCTION STRUCTURES

Claudia García Machado¹

Email: claudiagm0824@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3253-5498>

¹Delegación Municipal de la Agricultura de Aguada de Pasajeros. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Machado, C. (2023). Los procesos capacitivos como base para emprender la innovación en estructuras productivas locales. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 157-164. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El papel de las cooperativas en los sistemas productivos a nivel territorial resulta esencial en los empeños actuales de la sociedad cubana por subvertir los resultados de la producción alimentarias, reforzar las aportaciones desde estas estructuras productivas y afianzar la seguridad alimentaria y nutricional en el contexto local. El presente estudio tiene por objeto la descripción de la capacitación como base de la innovación en un grupo de Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), articuladas a la economía agropecuaria en el municipio Aguada de Pasajeros, provincia de Cienfuegos, al centro sur de Cuba. El objetivo se centra en la valoración del comportamiento la capacitación como base de los ambientes de innovación para el despliegue de la producción desde indicadores concretos. Se desarrolla un estudio descriptivo explicativo, en el que se trabajan métodos teóricos asociados al analítico sintético, inductivo-deductivo, acompañado de las perspectivas de los estudios sociológicos y los enfoques de la ciencia la tecnología y la innovación, mientras que, desde lo empírico, fueron trabajados los análisis de documentos, series estadísticas, la observación, las entrevistas con directivos y productores. En la muestra se incluyeron las 9 cooperativas de créditos y servicios del municipio. Se concluye que los bajos procesos de capacitación que se desarrollan al interior de estas estructuras productivas conforman un ambiente poco favorable para el despliegue de la innovación tecnológica como elementos claves para modificar los resultados productivos, tan requeridos en el presente.

Palabras clave:

Cooperativas de Créditos y Servicios, capacitación, innovación-agropecuaria.

ABSTRACT

The role of cooperatives in productive systems at the territorial level is essential in the current efforts of Cuban society to subvert the results of food production, strengthen contributions from these productive structures and strengthen food and nutritional security in the local context. The present study aims at describing training as a basis for innovation in a group of Credit and Service Cooperatives (CCS), articulated to the agricultural economy in the municipality of Aguada de Pasajeros, province of Cienfuegos, in south-central Cuba. The objective is focused on the evaluation of training behavior as the basis of innovation environments for the deployment of production from concrete indicators. An explanatory descriptive study is developed, in which theoretical methods associated to the synthetic analytic, inductive-deductive, accompanied by the perspectives of sociological studies and the approaches of science, technology and innovation are worked, while, from the empirical point of view, document analysis, statistical series, observation, interviews with managers and producers were worked. The sample included the 9 credit and service cooperatives of the municipality. It is concluded that the low training processes developed within these productive structures create an unfavorable environment for the deployment of technological innovation as key elements to modify the productive results, so required at present.

Keywords:

Credit and Service Cooperatives, training, agricultural innovation.

INTRODUCCIÓN

Durante la mayor parte de su historia económica Cuba, ha sido una nación predominantemente agrícola, sin embargo, esto ha cambiado radicalmente a partir de los últimos veinte años. Cifras ofrecidas por el Ministerio de la Agricultura reflejan que Cuba gasta anualmente más de 2000 millones de dólares estadounidenses para importar alimentos, de los cuales, entre 600 y 800 millones pudieran sustituirse con producción agropecuaria nacional. En 2019 el sector agropecuario empleaba cerca de un millón de trabajadores (la quinta parte del empleo total en la isla), pero apenas aportaba el 3,6% del PIB (Figueredo et al, 2019).

La cooperativa en la sociedad socialista constituye un factor que favorece la socialización de los medios de producción y acelera los procesos de la producción en tanto acrecienta las posibilidades concretar la condición de propietario productor según la tesis de Carlos Marx. productiva está basada en procesos de participación del hombre en la toma de decisiones y la realización misma del poder político. Convierte al trabajo en una forma de realización humana y de identificación del hombre con lo que ha sido creado por él (García & Figueras, 2018).

En Cuba el movimiento cooperativo ha transitado por varias etapas, si se toma como criterio el surgimiento y desarrollo de las formas básicas de cooperativas que existen en Cuba: las CCS, las Cooperativas de producción agropecuarias, (CPA), las Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC) y las cooperativas no agropecuarias. El movimiento cooperativo comenzó a desarrollarse en la agricultura tanto en el sector estatal como en el sector de la pequeña producción mercantil, este último se ha mantenido en constante perfeccionamiento a lo largo de las cuatro etapas en que se enmarca el desarrollo del cooperativismo en Cuba. (Arias and Pantoja, 2022).

La comunidad campesina organizada en las CCS en estos 55 años de transformación social, ha evolucionado conformando diversos procesos tendenciales, en su contenido interno y hacia lo externo. Desde el punto de vista productivo, estos agricultores representan en el país un importante factor de la producción alimentaria. En viandas 63,7 %, en hortalizas 63,3 %, en maíz 83,8 %, en frijol el 79,5 %, en arroz el 57,2 %, en leche de vaca el 50,2 %, en tabaco el 98 %, entre otros” (Ministerio de Agricultura de Cuba, 2012, p. 43). Se ha demostrado que en el contexto nacional cubano las CCS son las formas más productivas del país (Matías, Artiles, 2016). Estas cifras muestran que aun cuando el resultado general resulta favorable, ellas están distantes de las potencialidades que poseen. De tal manera que se puede afirmar que el rol que están llamadas a desempeñar tendrá que intervenir de manera importante para lograr el cumplimiento del objetivo dos de la Agenda 2030, de Naciones Unidas, para el Desarrollo Sostenible: lograr la seguridad alimentaria, la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible (CEPAL, 2015).

Según los resultados obtenidos, los factores limitantes fundamentales de la sostenibilidad de la transformación

agraria en la provincia se definen como la ineficiencia de la gestión agraria junto al bajo per cápita de la producción mercantil agropecuaria, la relación no equilibrada de la productividad / ingreso medio, la alta relación población urbana - población rural y la baja proporción de la población económicamente activa agropecuaria, consecuencias básicamente de los problemas en la disponibilidad, uso y distribución del agua; bajo porcentaje de la superficie total bajo riego y riego de alta tecnología y el déficit de energía e insumos para la producción de alimentos (Acosta , 2020). Mucha importancia adquiere en estos procesos el despliegue de las políticas públicas asociadas a los procesos de la educación, la concreción de las políticas culturales, como el papel del salió entre otros.

Cobra mayor importancia en los momentos actuales, donde la implementación de la Ley 148, o Ley sobre la Soberanía alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional, declara en su artículo 45.2, a las Cooperativas de Créditos y Servicios, como Sistemas Alimentarios Locales y en su artículo 48, los coloca como modelos sostenibles, con enfoque de género, generacional, de sostenibilidad económica, social, ambiental y resiliencia climática, y que para su funcionamiento contarán con la agroecología como ciencia (Ley 148, 2022).

Los contenidos de esta Ley, enfoca la mirada hacia técnicas y principios agroecológicos, que aumenten las producciones agrícolas, que sustituyan importaciones de insumos, que incrementen niveles de resiliencia, para hacer frente al cambio climático global, así como a las imperantes restricciones económicas y financiera derivadas de la crisis mundial y del bloqueo económico impuesto a nuestro país.

En el caso particular del municipio de Aguada de Pasajeros, se cuenta con 9 cooperativas de Créditos y Servicios, que responden al encargo social de la producción de cultivos varios, producción de ganado mayor y menor, entre otras producciones fundamentales. A partir de todo el análisis realizado las cooperativas del Créditos y Servicios en el municipio, se pudo constatar una serie de carencias, que limitan el funcionamiento agroproductivo de esos sistemas alimentarios locales, visualizándose, además, que se necesita de una adecuada su preparación de todos sus integrantes para enfrentar los nuevos retos, que se sustente en ciencia e innovación, que permita cumplir la demanda del reordenamiento económico del país. Estas realidades plantearon la necesidad de formular la siguiente interrogante de investigación: Si la capacitación se sitúa en el presente, como base de los ambientes de innovación en cualquier ámbito de la producción, y en particular en la producción agropecuaria; ¿qué elementos distinguen los procesos de capacitación en las cooperativas de créditos y servicio del municipio, que reducen la innovación tecnológica? Como hipótesis de trabajo se define la siguiente: los procesos de capacitación en la economía agropecuaria en las estructuras productivas del municipio analizado se caracterizan por su bajo nivel de desarrollo, lo que se relación con sus

bajos rendimientos productivos y el limitado ambiente de innovación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un estudio descriptivo explicativo se adentra en la búsqueda de rasgos y característica de un fenómeno, proceso o en contenidos relacionados con los componentes funcionales de una estructura organizativa. Un estudio de esta naturaleza identifica siempre como una de sus metas la aproximación a las causas que intervienen en los procesos de análisis. Por ello en la presente investigación se trabajó con una perspectiva interdisciplinaria, lo que se corresponde tanto con los enfoques sociológicos, las perspectivas de los estudios sociales de la ciencia y la tecnológica como los requerimientos de las investigaciones agronómicas.

El municipio Aguada de Pasajeros cuenta con un total de 9 cooperativas de créditos y servicios, con un área total aproximada de 15368,25 hectáreas. De ellas, se encuentran en explotación un total de 14550,49 hectáreas aproximadamente, lo que representa el 94,7 % de explotación.

Para la explotación de estas tierras y la realización de sus ciclos productivos, dichas cooperativas cuentan con un total de 2773 cooperativistas, de ellas 507 son mujeres (18.3%) y 2366 hombres, que representan el 85,3 % del total. Para la realización de esta investigación se contó con la información estadística, de los resultados productivos de las CCS: CCS Conrado Benítez, CCS Jesús Sardiñas, CCS Patricio Lumumba, CCS Juan Manuel Márquez, CCS Arturo Almeida, CCS Wilfredo Cabrera, CCS Sergio González, CCS Félix Edén Aguada, CCS Pedro Filgueira. Se monitorearon un total de 54 variables, a través del diagnóstico participativo, que abarcan las dimensiones, sociales, económicas y productivas, que proceden de tres fuentes diferentes: del diagnóstico municipal, del intercambio con productores y de estadísticas municipales. Como parte del diagnóstico municipal se contó con una información derivada de la propia autoevaluación de las juntas directivas, de todas las cooperativas estudiadas, con la que se recopila a partir, de los informes estadísticos de todas las cooperativas de créditos y servicios, que participan en el estudio, mientras que de estadística se recogió lo referido a los acumulados anuales del año anterior y el plan y el real, al cierre del año 2021. Entre las variables analizadas se encuentran las que siguen:

- 1. Formación vocacional y profesional:** Cuentan con un círculo infantil por vías no formales, cuentan con círculos de interés para la comunidad, sus áreas productivas son aulas anexas, los ingenieros de la cooperativa tienen formación académica, la cooperativa obtuvo la condición de empresa docente, está acreditado el facilitador y el extensionista.
- 2. Uso de la ciencia y la técnica:** Identificado el banco de problemas, funciona la comisión de ciencia y técnica, estudiantes universitarios realizan investigaciones en la cooperativa, la cooperativa introduce resultados

derivados de la ciencia, elaborado el programa de desarrollo.

- 3. Organización de la producción:** Existen fincas especializadas para abastecerse de semillas, producen abonos orgánicos, aplican sistemáticamente los bioproductos, existe la diversificación de la producción, toda área cultivable está sembrada.
- 4. Resultados productivos:** Cumple el encargo estatal, incorporan valor agregado a sus producciones, existe la mini-industria, está insertada en el proceso exportador.
- 5. Empleo del personal:** Cantidad total de cooperativistas, hombres, mujeres, edad promedio, de nivel superior, de nivel técnico medio, la asamblea tiene una cantera de cuadros jóvenes.
- 6. Sobre el uso de la tierra:** Área total, área en explotación, porcentaje de área en explotación, porcentaje de área de producción agrícola, porcentaje de área de producción ganadera, porcentaje de área eficientemente explotada.
- 7. Áreas ganaderas:** Porcentaje de natalidad, unidad de ganado mayor por hectárea en uso, litros de leche por hectárea en uso, kilogramos de carne por hectárea en uso, porcentaje de mortalidad total/año, porcentaje de mortalidad total de crías/año.
- 8. Sobre el uso de las tecnologías:** Área en explotación, área bajo riego, porcentaje de área bajo riego, área bajo riego eléctrico, porcentaje de área bajo riego eléctrico, área laborada con maquinaria agrícola, porcentaje de área laborada con maquinaria agrícola.

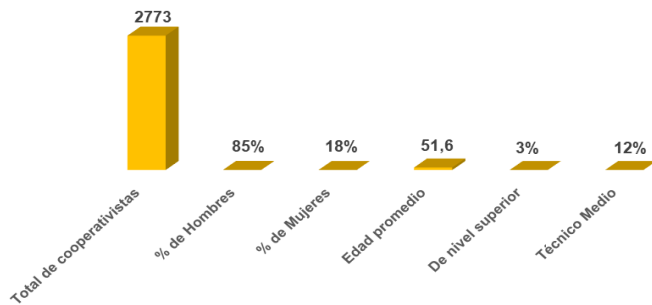
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estos primeros resultados son obtenidos a partir del análisis de la planilla única, que fue desarrollada como valoración participativa, de los integrantes de las formas productivas, de conjunto con las juntas de dirección de las mismas, donde se evalúan un grupo de elementos, que determinan el desarrollo de las cooperativas, y se visualizan solo una parte de ellos, que se consideran los más importantes para el análisis.

Composición de la fuerza laboral en las unidades productivas

Desde esta visión más empresarial, se erigen cooperativas cuya estrategia y orientación adquieren un discurso más reivindicativo y comprometido socialmente y apuestan por una cooperativa agraria que sirva como instrumento colectivo de defensa y reivindicación de los intereses de las clases sociales del campo menos favorecidas. En este caso, el desarrollo de la producción debe servir para aumentar el bienestar social de los socios, las familias y comunidad y no estar al servicio del incremento patrimonial de una parte de su base social (Acosta and Sánchez, 2019).

Figura 1. Composición de la fuerza laboral



Uno de los elementos más significativos del presente análisis, según se muestra en la figura uno, lo constituye el bajo por ciento de mujeres, en los colectivos de las unidades productivas que han sido objeto de análisis.

La participación de las mujeres en el mercado laboral constituye un medio para lograr su empoderamiento social y económico, en la medida que les permite tener más opciones y recursos, así como conquistar mayor autonomía. En consecuencia, la búsqueda de la equidad de género conlleva tomar medidas que compensen las desventajas históricas y sociales sufridas. A su vez, las cooperativas se representan como organizaciones capaces de responder a las necesidades prácticas y estratégicas de género. Sin embargo, las desventajas se mantienen y se siguen reproduciendo porque, en definitiva, el desequilibrio entre los sexos está profundamente arraigado en la división del trabajo, tanto a lo interno como externo del ámbito familiar.

Otro elemento de extrema importancia, es lo relativo al nivel cultural, que presentan las unidades productivas que se han diagnosticado, donde se presenta un bajo 12 % con calificación de técnico medio y mucho más bajo aun, el 3 % que representa la cantidad de cooperativistas con nivel superior.

También (Escudero et al., 2015), considera que un sistema de capacitación eficiente permite al personal para el cual se desarrolla, desempeñar sus actividades con el nivel de eficiencia requerido por sus puestos de trabajo, lo que contribuye a su autorrealización y al logro de los objetivos organizacionales.

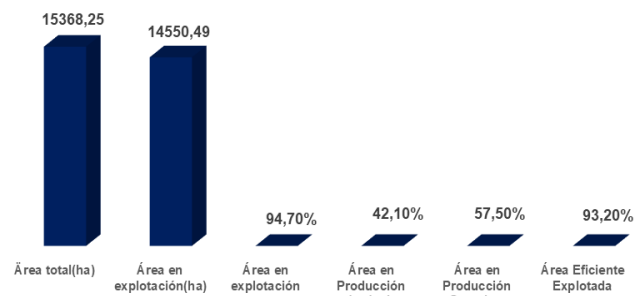
Entre ambos porcentos, solo se llega al 15 % de calificación técnica del total de cooperativistas, lo que reafirma las limitaciones que presentan las cooperativas de créditos y servicios del municipio de Aguada de Pasajeros, para enfrentar los procesos complejos, de incrementar la eficiencia de los procesos agropecuarios, en un contexto desafiante, marcado por el cambio climático global y las limitaciones económicas a nivel nacional e internacional.

Uso eficiente de la tierra

En el desempeño de la agricultura cubana se observan tendencias negativas a partir de la disminución de la superficie cultivada y el incremento de las tierras ociosas; [de la reducción] de los rendimientos agrícolas y del nivel de producción de los principales productos agropecuarios,

lo que implica que aún no se cubra la demanda de alimentos de la población (Fernández et al., 2016).

Figura 2. Uso de la tierra



En la figura dos, se puede apreciar que existe un elevado porcentaje de explotación de las tierras, con condiciones para la explotación agropecuaria, ya que el porcentaje alcanza casi el 95 % de las mismas.

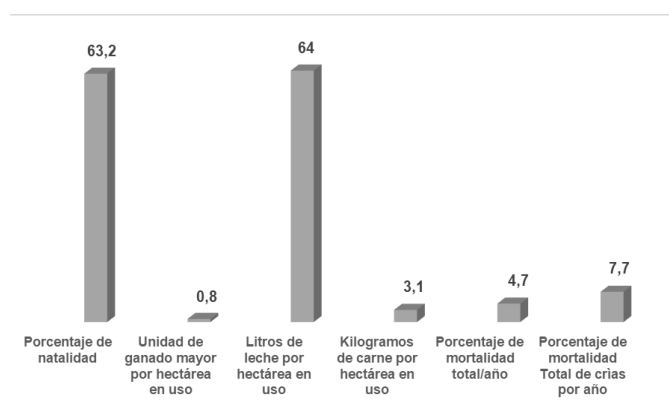
En estos momentos, se redoblan los esfuerzos por poner a producir el 100% de las tierras disponibles, dada su importancia para la producción de alimentos, declarada como de alta prioridad nacional, así como se trabaja por reducir, los porcentos de las áreas deficientemente explotadas, y que no están rindiendo en correspondencia con sus potencialidades.

Otros de los aspectos importantes que se analizan en este resultado, es que la producción ganadera es superior, a las áreas utilizadas para la producción agrícola. Si bien se reconoce, que, desde el punto de vista ambiental, los espacios disponibles son propicios para el desarrollo de la ganadería, los manejos y la concepción de una ganadería extensiva, limita de manera marcada los resultados productivos, de las cooperativas de producción agropecuaria. Este aspecto se analizará en los resultados que vienen a continuación.

Uso de las áreas ganaderas

De acuerdo con los análisis anteriores, más de 57% de las áreas de las cooperativas, son dedicadas a la producción ganadera, lo que demuestra el peso de esta actividad, en los resultados económicos productivos de esas entidades productivas.

Figura 3. Las áreas ganaderas



A pesar de esta relevancia de la producción ganadera, se aprecia que la misma tiene rasgos de una ganadería extensiva, acorde con las verdaderas posibilidades de explotación presentes en las cooperativas.

En los datos que se muestran en la figura tres, que son los acumulados para el último año, los niveles de natalidad y los porcentajes de mortalidad, tanto para el ganado mayor, como para las crías, tienen un comportamiento aceptable y se encuentran dentro de los rangos establecidos por la dirección nacional de ganadería.

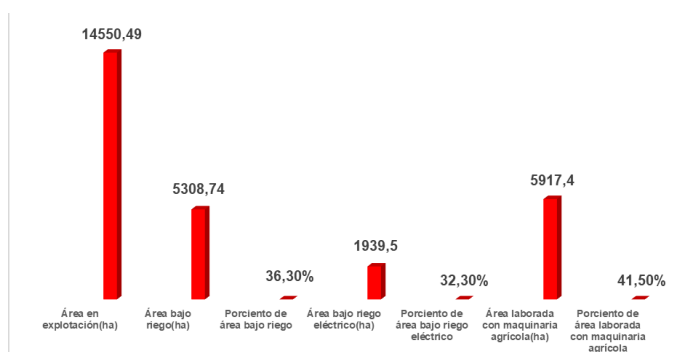
Los resultados más desfavorables se aprecian en los indicadores, UGM por hectárea en uso, los litros de leche por hectárea en uso y los kilogramos de carne por hectárea en uso. Estos tres indicadores se ven afectados notablemente, por la baja calidad de los pastos naturales, el pobre mejoramiento de dichos pastos, las carencias en las siembras de pastos para el sostén de la masa y el limitado empleo de plantas proteicas para la alimentación animal.

Uso de las tecnologías agrícolas

Sin lugar a dudas, la transferencia tecnológica constituye un mecanismo a través del cual se intercambia conocimiento, saberes, los que se encuentran influenciados por una serie de factores que implican al propio diseño de la tecnología, la acción instrumental para reducir la incertidumbre de las relaciones causa-efecto, la afectación de los entornos culturales establecidos, el proceso de apropiación y la estrategia para llevarse a cabo. Por lo tanto, los procesos de transferencia varían debido al tipo de tecnología, de los agentes, de las prácticas culturales, los conocimientos locales, los ambientes sociales, de las estrategias y de los sectores industriales.

Una de las tecnologías de mayor importancia para la agricultura, lo constituye sin dudas el uso del riego, dado las condiciones climáticas persistentes, y la influencia de una sequía agrícola, que afecta de manera marcada los rendimientos de los cultivos.

Figura 4. Uso de las tecnologías agrícolas



En la figura cuatro, se aprecia que el porcentaje de área bajo riego es de solo el 36,3% del área total y de ese muy bajo por ciento, solo el 32,3%, es bajo riego eléctrico.

Estos bajos porcentajes, tiene su mayor influencia sobre la producción de cultivos varios, que, si bien no necesitan de grandes volúmenes de agua, por norma de aplicación, los riegos son más frecuentes y muy puntuales en los momentos en que se necesitan.

Otro de los elementos muy importantes para el desarrollo agrícola, lo constituye el uso de la maquinaria agrícola, que, en los análisis efectuados para las cooperativas de créditos y servicios, solo emplean el 41,5% para la realización de sus actividades agrícolas, porcentaje muy bajo, para las condiciones de producción actuales, máxime si se tiene en consideración, el bajo uso de la tracción animal, para la complementación de las actividades agrícolas.

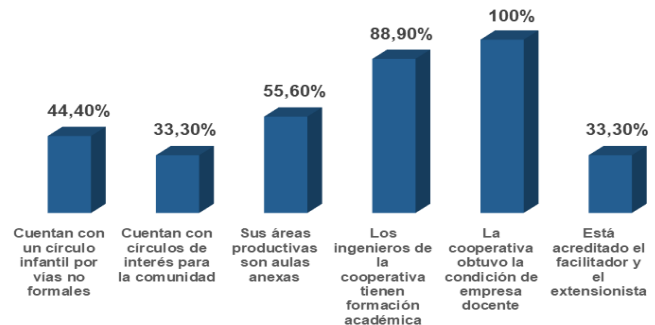
Resultados del diagnóstico a partir de la autoevaluación de la guía de excelencia en las formas productivas

Este método de diagnóstico consistió en una guía de autoevaluación, para cada una de las formas productivas, donde incluían numerosos aspectos, que son influyentes a la hora de tener resultados económicos productivos, a la altura que se espera de las unidades productivas, apoyadas por el empleo de la ciencia y la innovación, así como el manejo adecuado de los recursos naturales.

Formación vocacional y profesional

El estudio de la capacitación representa un factor que influye de manera determinante en el funcionamiento de las organizaciones, las cuales necesitan de recursos humanos capaces de adaptarse con celeridad a las tecnologías modernas, con una visión profunda sobre la gestión empresarial y con las competencias profesionales necesarias para enfrentar problemas complejos, a partir del trabajo en equipos interdisciplinarios (Labrador et al, 2019).

Figura 5. Formación vocacional y profesional



Como se muestra en la figura 5, existen indicadores que están muy distantes de las verdaderas expectativas que deben cumplir estas unidades productivas.

En la primera columna, más de 40% de las cooperativas no cuentan con un círculo infantil por vías no formales, donde reciban atención y la capacitación temprana, los hijos de los productores de dichas cooperativas. En estas

edades tempranas y a través de ejemplos muy sencillos, los niños comienzan a comprender la importancia de las producciones agrícolas para su comunidad y su familia, entre otros muchos valores que se comienzan a formar en la propia comunidad.

En la columna dos, más del 30% de las cooperativas, no cuentan con un círculo de interés en la comunidad, donde se socialicen procesos productivos y se relacionen a los niños, con el ambiente comunitario y que comiencen a interesarse por la comunidad donde nacieron y que en lo adelante puedan estar interesados en ofrecer sus servicios a la misma.

En la columna tres, solo el 55,6% de las cooperativas, sus áreas productivas, de una manera u otra, son aulas anexas, de las diferentes instituciones educacionales del territorio. Este elemento es de suma importancia, para convertir las áreas productivas, en espacios de investigación y generalización de los resultados de la ciencia y la investigación, además de constituir excelentes espacios para la retroalimentación recíproca, que beneficia a ambas partes.

En la columna cuatro el 88,9% de las cooperativas, sus ingenieros no tienen formación académica, es decir, que su reciclaje académico es muy limitado, no participan en procesos de formación continua, limitando de manera marcada su relación con la ciencia y la innovación.

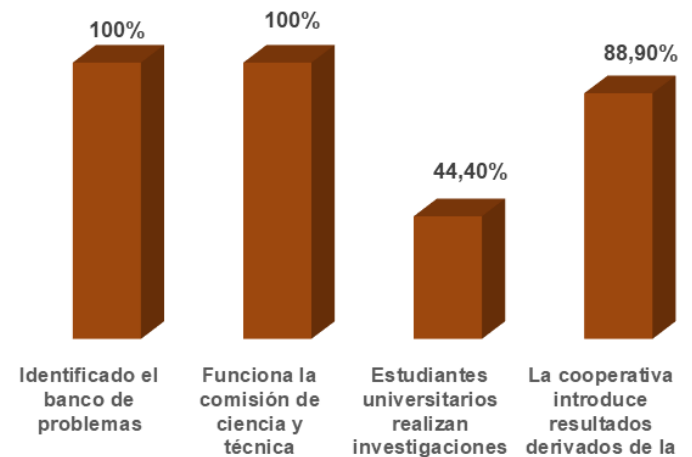
En la columna 5, se muestra que ninguna cooperativa ha obtenido la condición de empresa docente en los últimos años, demostrando el divorcio existente entre la academia y la producción.

En la columna 6, el 33,3% de las cooperativas, no tienen acreditado el facilitador, ni el extensionista de la cooperativa. En muchos de los casos del restante cooperativas, se observa que están funciones, también fueron incluidas y a veces desarrolladas con muchas dificultades, por miembros de la junta directiva, donde la preparación y el tiempo para desarrollar estas importantes tareas, provocan serias limitaciones sobre todo en la labor extensionista, que tanto se necesita en las unidades productivas analizadas.

Uso de la ciencia y la técnica

Por su parte, el proceso de innovación ha sido considerado por las cooperativas como factor clave para mejorar su competitividad, permitiendo introducir mejoras en lo que hacen o en la forma en que lo hacen, añadiendo valor al cliente actual, potencial y en consecuencia a toda la organización. En tal sentido, cada vez más, con la introducción de los desarrollos tecnológicos en la economía agraria, los trabajadores deben tener conocimientos de diferente índole que superan en mucho la simple idea de una tarea manual.

Figura 6. Uso de la ciencia y la técnica



En la figura 6, se muestra que todas las CCS que han sido evaluadas, tienen identificado el banco de problemas, aunque la sola identificación de los problemas no dinamiza la actividad de las entidades productivas, como se verá en los siguientes análisis.

En la segunda columna, se aprecia que el 100% de las unidades productivas asegura que funciona la comisión de ciencia y técnica, aunque la apreciación que se tiene, a partir de los problemas presentados, solo lo hace de forma nominal.

En la tercera columna se aprecia que en el 44,4% de las cooperativas los estudiantes universitarios no realizan investigaciones en las áreas de las cooperativas, limitando el desarrollo de las investigaciones y limitando las oportunidades, que los estudiantes realicen investigaciones, que sean de interés particular para la unidad productiva.

En la cuarta columna se muestra que el 88,9% de las cooperativas, no introduce resultados derivados de la ciencia y la tecnología, elemento que limita la obtención de resultados superiores para la entidad productiva.

En la columna 5, se muestra que aún existen cooperativas que no tienen elaborado el plan de desarrollo hasta el 2030, aspecto que limita la planificación, tanto de los recursos a emplear, así como de los resultados a obtener en las entidades productivas.

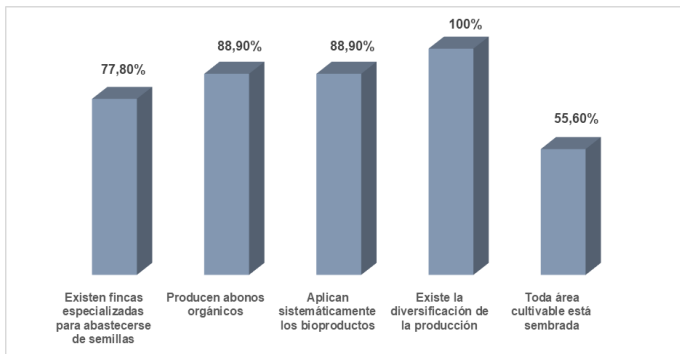
Este aspecto no incluía, que, en la mayoría de las cooperativas, aunque existe el plan de desarrollo, solo es un documento más, pero es poco funcional, ya que no es un instrumento que se analice con profundidad por parte de los integrantes de las unidades productivas.

Organización de la producción

Entre los objetivos que se plantea en la visión de la nación para el 2030 está propiciar los encadenamientos productivos hacia el interior del país, elevar la producción, productividad, competitividad y sostenibilidad ambiental y financieras de las cadenas productivas agroalimentarias, a fin de contribuir a la seguridad alimentaria, aprovechar el potencial exportador, incrementar la sustitución eficiente

de las importaciones y generar empleos o ingresos particularmente en la población rural, potenciando además con énfasis especial la articulación entre la agricultura y la manufactura, particularmente la industria alimentaria y entre sectores de servicio (Acosta, 2020).

Figura 7. Organización de la producción



En la figura 7, y para la primera columna se refiere a la existencia de fincas especializadas en las cooperativas para la producción de semilla, donde el 77,8% de las cooperativas, no cuentan con estos importantes espacios productivos.

La calidad de la semilla, su disponibilidad en el momento preciso, es uno de los elementos determinantes en los resultados de los procesos productivos en las unidades analizadas. Se continúa produciendo con semillas de baja calidad, que, de tantos años en explotación, han perdido su potencial genético, las mezclas y la influencia del medio ambiente, también han disminuido su potencial de rendimiento y por tanto los resultados están distantes de lo esperado.

Para la segunda columna, el 88,9% de las unidades productivas, no producen abonos orgánicos en sus áreas, aspecto que limitan notablemente los rendimientos productivos, tomando en consideración que la disponibilidad de abonos químicos, se ha ido reduciendo y como política de país, se apuesta por las producciones orgánicas, basadas en técnicas agroecológicas, donde el uso combinados de los fertilizantes orgánicos y los químicos, juegan un papel fundamental para asegurar los rendimientos de las cosechas.

En la tercera columna, que se refiere a la aplicación sistemática de bioproductos, el 88,9% de las cooperativas afirman que el uso sistemático de los bioproductos, aunque estos bioproductos se aplican a pequeña escala y para un reducido número de cultivos, por lo que uso debe incrementarse, para un mejor manejo de plagas y enfermedades.

En la cuarta columna, el 100% de las cooperativas responden de manera afirmativa con relación a la diversificación de las áreas productivas, pero es insuficiente aun, el trabajo con la diversidad de especies y de cultivo, así como una aplicación correcta de las rotaciones de cultivo, el intercalamiento de cultivo y otras técnicas

agroecológicas, que favorecen no solo los rendimientos productivos, sino el mejoramiento y conservación de los suelos que son utilizados para labores agrícolas.

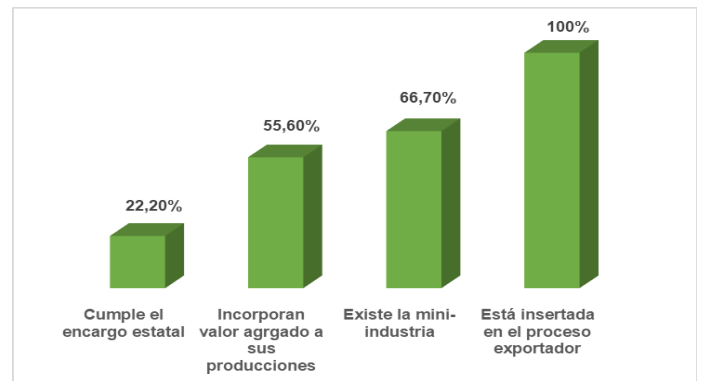
Con relación a la quinta columna, el 55,6% de las cooperativas afirman, que no todas las áreas productivas se encuentran sembradas, y esto se refiere, a que muchas veces, las áreas productivas tardan mucho tiempo en establecer un nuevo cultivo, como es el caso del cultivo del arroz, que se realiza una cosecha y la mayoría de esas áreas, no se vuelve a plantar, hasta el próximo ciclo productivo.

Aquí también hay que señalar, la presencia de áreas en todas las cooperativas, bajo la clasificación de áreas deficientemente explotadas, que no constituyen un porcentaje significativo, pero se tardan a veces más de un año en establecer un nuevo cultivo.

Resultados productivos

Las cooperativas mundialmente se ocupan en una gran diversidad de actividades.

Figura 8. Resultados productivos



En la figura 8, al analizar de forma conjunta los resultados productivos de las cooperativas de créditos y servicios del municipio de Aguada de Pasajeros, se puede apreciar, que existe un poco más del 20% de ellas, que consideran no cumplir eficientemente con su encargo social.

Esta mirada ciertamente crítica de los colectivos que componen las cooperativas, se dirige a que estas formas productivas, tienen rendimientos productivos muy por debajo de lo esperado, y que, por tanto, su responsabilidad social con la producción de alimentos o la producción de bienes y servicios se ve limitada por los rendimientos obtenidos.

Un segundo elemento a considerar, es la incorporación de valor agregado a sus producciones, donde más del 50% de las unidades productivas consideran que no incorporan valor agregado a sus producciones, de manera que se convierten solamente, en vendedoras de materia prima, limitando de manera muy marcada, la gestión de agro negocio cooperativo.

Aunque los porcentajes de la no presencia de la mini industria en las unidades productivas, son muy elevados y sobrepasan el 66% de las formas productivas, que no la poseen, hay que reconocer, que este no es único modo de incorporar valor agregado a las producciones obtenidas.

Estos procesos de mini industria a nivel de formas productivas, ofrece una ventajas muy notables, que no solo tienen que ver con la incorporación de valor agregado a las producciones, sino que aseguran aspectos muy importantes como la generación de empleo, el aprovechamiento de los picos productivos, que siempre se presentan en el sector agrícola, los encadenamientos locales, la descentralización de la producción industrial a escala local, y el reforzamiento de las estrategias de seguridad alimentaria y nutricional, entre otros aspectos muy relevantes para el desarrollo local y comunitario, que son puntales de la política económica y social, propulsada por el Gobierno Cubano.

Por último, se analiza un aspecto trascendental para el desarrollo de las formas productivas agropecuarias en el caso de Cuba, que es la inserción en el proceso exportador, donde ninguna de las cooperativas de créditos y servicios del municipio, están insertadas en este proceso.

Todavía no se identifican las áreas y los productores, con potencialidades para producir renglones que pueden comercializarse en frontera.

CONCLUSIONES

Los procesos de capacitación en estas estructuras productivas de la economía agropecuaria en el municipio Aguada de Pasajeros son limitados en extremo lo que se asocia con la falta de una proyección adecuada, falta de liderazgo de las estructuras productivas, desconexión con instituciones científicas y académicas y la falta de compromiso.

Déficit en la falta de procesos capacitivos ha deteriorado los ambientes de innovación tecnológicas en el interior de las estructuras productivas, esto se refleja en los indicadores que se analizaron como es la desarticulación con escuelas, instituciones científicas, círculos de interés y la eficiencia productiva.

Sugerencia a la Delegación Municipal de la Agricultura y Asociación Nacional de Agricultores Pequeños de buscar convenios, de crear un Consejo Técnico Asesor, de establecer asesoría, de generar variantes capacitivas en respuesta a las necesidades más urgentes vinculadas a la protección del suelo, el uso de recursos alternativos en la fertilización, la lucha biológica, recursos fitosanitarios que a corto y mediano plazo pueden contribuir a subvertir, a mejorar los procesos de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, Yaumara. (2020). Estudios Cooperativos ISSN: 2255-3444 • ISSN-e: 2255-3452, Núm. 15 (2020), Bilbao, pp. 145-163 <http://dec.revistas.deusto.es>

Acosta Morales, Y., & Sánchez Quintero, M. (2019). Seguridad alimentaria en Cuba en la coyuntura actual: fincas familiares y cooperativas sostenibles. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3).. pp. 142-147.

Arias Salazar, C.; Jordan Pantoja, A. (2022) Las cooperativas agropecuarias en Cuba. La negociación y contratación de sus producciones con empresas estatales. REVESCO. *Revista de estudios cooperativos*, vol 141, e81817. <https://dx.doi.org/10.5209/REVE.81817>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. http://www.repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf_3

Decreto Ley 148-2022. Ley de Soberanía alimentaria y seguridad alimentaria y nutricional. Gaceta Oficial No. 77 Ordinaria de 2022.

Escudero F.M.; Pérez, A.; Rojas, G. (2015). Expocapacitación agropecuaria para el desarrollo económico del sector campesino del municipio Jobabo. Observatorio de la Economía Latinoamericana. *Revista Eumed.net*, Universidad de Las Tunas, Cuba

Fernández Lorenzo, A., & Contreras Dí, Y. de L. (2016). Procedimiento para el perfeccionamiento del Sistema de Comercialización en las Cooperativas de Producción Agropecuaria de la provincia Pinar del Río. *Cooperativismo y Desarrollo*, 4(1), 1-11. <http://coodles.upr.edu/cu/index.php/coodles/article/view/111> [Links]

Figueredo, O. y otros (2019, 17 de mayo). Cuba en Datos: Agricultura, sector estratégico que precisa despuntar. *Cubadebate*. <http://www.cubadebate.cu/especiales/2019/05/17/cuba-en-datos-agricultura-sector-estrategicoque-precisa-despuntar>.

García Pedraza, L.; Figueras Matos, D. (2018) Importancia de la educación cooperativa. Una experiencia cubana. REVESCO. *Revista de estudios cooperativos*, vol 129. <https://doi.org/10.5209/REVE.62881>.

Labrador Machín O; Rivera Rodríguez C.A; Alfonso Alemán J.L. (2019). El cooperativismo y su papel en el desarrollo socioeconómico de Pinar del Río. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Matías González, A & Artilles Beltrán, J.L (2016) Las cooperativas agrarias de crédito y servicio en Cuba.

21

SEIS CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM SPP.), POSIBLE UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

SIX CULTIVARES OF CANE OF SUGAR (SACCHARUM SPP.), POSSIBLE USE IN THE FEEDING OF RUMINANT

Oscar J. Suarez Benítez¹

E-mail: osbenitez@ucf.edu.cu

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

Enrique Casanovas Cosío²

E-mail: ecasanovas@ucf.edu.cu

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

Odeimi Sarrias Crespo²

E-mail: osarria@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6280-0068>

Yasleidy Cabrera Pérez²

E-mail: ycabrera@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3468-4749>

¹ Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar.

² Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Suarez Benítez, O. J., Casanovas Cosío, E., Sarrias Crespo, O. (2023). Seis cultivares de Caña de Azúcar (*saccharum* spp.), posible utilización en la alimentación de Ruminantes. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 165-171. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la composición fenológica y química de 6 variedades de caña de azúcar para ser utilizadas en la alimentación animal se realizó un experimento en áreas del banco de semilla básica ubicado en el batey Espartaco en la provincia de Cienfuegos sobre un suelo Pardo con carbonato (cambisol eutrítico). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con un modelo de clasificación simple. Cada variedad ocupó un área de 64 m² (4 surcos de 10 m), en la cepa caña planta, con edades entre 12 y 14 meses de edad, se tomaron tres muestras al azar (réplicas) de cada variedad. Se calcularon los valores de las variables morfológicas peso fresco del tallo, cogollo y hojas secas por la metodología de Molina y Tuero. Para el estudio de la composición química se estudiaron las variables digestibilidad de la materia seca, contenido de fibra ácida detergente, lignina, proteína bruta. Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de comparación múltiple de Newman Keuls con las variables fenológicas y químicas. Se confeccionó análisis de conglomerados con las variables, digestibilidad, fibra ácida detergente y lignina. Como resultado se encontraron diferencias significativas en la composición fenológica y química en las variedades estudiadas, el análisis de conglomerados definió 3 grupos lo que permitió recomendar los cultivares C05-307, C05-568, C08-386, para la alimentación animal.

Palabras clave:

digestibilidad, fibra ácida detergente, lignina.

ABSTRACT

With the objective of studying the phenological and chemical composition of 6 sugarcane varieties to be used in animal feeding, an experiment was carried out in areas of the basic seed bank located in the Espartaco batey in the province of Cienfuegos on a Pardo soil with Carbonate (eutric cambisol). A random block experimental design was used with a simple classification model. Each variety occupied an area of 64 m² (4 rows of 10 m), in the cane plant strain, aged between 12 and 14 months of age, three random samples (replicates) of each variety were taken. The values of the morphological variables of fresh weight of the stem, bud and dry leaves were calculated by the methodology of Molina and Tuero. For the study of the chemical composition the variables digestibility of dry matter, content of detergent acid fiber, lignin, crude protein. We performed analysis of variance and comparison of means by the Newman Keuls multiple comparison test with phenological and chemical variables. Cluster analysis was performed with the variables, digestibility, acid detergent fiber and lignin. As a result, significant differences were found in the phenological and chemical composition in the studied varieties, the cluster analysis defined 3 groups corroborated in a 75% by discriminant analysis, which allowed to recommend cultivars C05-307, C05-568, C08-386 for animal feed.

Keywords:

Digestibility, acid detergent fiber, lignin.

INTRODUCCIÓN

El hombre ha de solucionar el problema que le supone tener que obtener la cantidad suficiente de alimentos para sus necesidades. Este problema se debe resolver a la luz del crecimiento demográfico y del agotamiento progresivo de los recursos naturales de tierras y aguas disponibles para el cultivo (Morales, 2013).

La seguridad alimentaria constituye hoy un tema de interés en el ámbito mundial. La Organización de Naciones Unidas (ONU) afirma que, en la actualidad, más de 960 millones de personas padecen de hambre en el mundo, a pesar de que la humanidad ha creado vastos conocimientos y medios técnicos que posibilitan satisfacer las necesidades de los habitantes del planeta. Esta contradicción ha generado no pocos debates en torno a los caminos para revertir la situación actual (García, 2011).

El consumo de alimentos en los últimos 50 años se incrementó en un 28% siendo la actividad humana cada vez más insostenible (Alonso, 2010). Se requiere la búsqueda de soluciones que incrementen y aceleren los procesos de producción para poder suplir dicha demanda. El problema a que esto conlleva es de tipo ambiental y agrícola pues se está presentando un apresurado deterioro de los suelos por la presencia de monocultivos y del uso de fertilizantes e insecticidas químicos (Arias, 2010).

Tales debates tienen singular significación para Cuba, dada la importancia que históricamente se le ha otorgado a la realización efectiva de la seguridad alimentaria de la población, a los cambios en el entorno internacional en que se tiene que desenvolver la economía cubana, así como a las transformaciones de la política económica que se han iniciado (García, 2011).

La alimentación animal tiene mucho que decir en relación a la construcción de una ganadería eficiente. Desde una óptica económica, es necesario diseñar sistemas de alimentación que maximicen la respuesta productiva con un coste de los insumos lo más bajo posible. Asimismo, desde las perspectivas del medio ambiente, la seguridad alimentaria y el bienestar animal, las metas son reducir tanto las sustancias contaminantes, como aquellas que puedan afectar a la salud humana y animal (Martín, 2004).

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es una de las plantas más útiles: proporciona alimentos, energía renovable y fibras, tres productos de los que la humanidad tiene una demanda creciente, y precisamente, para él que la produce, la clave del éxito está en ser eficiente en cada paso del proceso productivo en campo y fábrica y diversificar al máximo posible los productos que se pueden obtener, no desechar nada y sacar el máximo de esa industria que se convierte donde existe, en un polo local de desarrollo (Álvarez, 2014).

Es uno de los cultivos agroindustriales más importantes a nivel mundial. Está distribuida en más de 100 países sobre un área de 25 millones de hectáreas, fundamentalmente en las zonas tropicales y subtropicales; ocupa el lugar 12 en cuanto al área cultivada de un total de 161

cultivos en todo el mundo (Karin, 2010; Meyer y Clowes, 2011; Burnquist, 2013). Es la planta del tipo C4 de mayor eficiencia fotosintética para la producción de biomasa (Chaves, 2008). Cubre el 70 % de la producción mundial de azúcar y el 20 % de etanol (González, 2014).

El rendimiento promedio mundial para la industria es de 59,5 t caña ha⁻¹ de caña. Ocupa el mayor volumen con más de 1 700 millones de toneladas, de ellas 181,5 millones producidas en el 2015. El 75% de estas, se concentra en 10 naciones, en orden decreciente en primer lugar Brasil (37,80 millones), India (26,65 millones), Unión Europea (16,01 millones), China (14,26 millones), Tailandia (11,33 millones), Estados Unidos (7,67 millones), México (6,38 millones), Pakistán (5,21 millones), Australia y Rusia (4,40 millones) (FAO, 2015).

Reportes de México señalan producciones promedio de 200 t caña ha⁻¹ de forraje verde (tallo + hojas), en Colombia hasta 450 t caña ha⁻¹ al año cortada a intervalos de 10-12 meses. En Cuba las producciones se encuentran entre 50 t caña ha⁻¹ en condiciones de secano. (Urdaneta, 2011).

Preston (1989), planteó la convicción de que a través de la diversificación de la caña de azúcar se puede contribuir significativamente a convertir al sector agrícola azucarero en una actividad de mayor rentabilidad. Países como Colombia, Brasil y Costa Rica, sostienen que ya existen las bases biológicas para poder confiar en la caña de azúcar como reemplazo de los cereales en sistemas intensivos para las principales especies de animales, lo que permitiría liberar grandes volúmenes de alimentos a la población humana (Mesa 2011).

En Cuba la caña de azúcar se encuentra distribuida a través de todo el territorio nacional y ocupa alrededor de 677 671,6 ha, según el censo anual de cultivos realizado por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), lo que representa cerca del 40 % del área total cultivada. Veinte cultivares poseen el porcentaje de propagación superiores al 1% del área cañera nacional; 16 son cubanos y cuatro extranjeros. Los diez que cubren la mayor superficie nacional son: C86-12, C323-68, C90-469, C86-56, C86-503, CP52-43, C87-51, C86-156 y C90-317 (Mesa *et al.*, 2016).

Milton *et al.*, (2001) son del criterio de que cuando se pretende intensificar la producción de leche elevando la productividad por animal o por área, reduciendo el costo, es necesario buscar especies de mayor potencial forrajero y mejor valor nutritivo.

Suárez *et al.*, (2002) en estudios más recientes recomendaban cultivares de caña de azúcar con digestibilidades de la materia seca superiores al 50 % para diferentes condiciones de suelo y clima en Cuba. Este análisis brinda la posibilidad de convertir la caña de azúcar en el cereal cubano para la alimentación del rumiante que va en aumento su demanda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad Experimental

La investigación se desarrolló en el banco de semilla básica de la provincia de Cienfuegos y Villa Clara situado en áreas aledañas a las Empresa Agropecuaria Espartaco en el municipio de Palmira, provincia de Cienfuegos, sobre un suelo Pardo sin carbonato (Cambisol eutricto) (Hernández et al., 1975), (FAO – UNESCO, 1994).

Diseño experimental de la investigación

Fueron evaluadas seis variedades comerciales (Tabla 1), utilizando un diseño experimental de bloques al azar, con un modelo de clasificación simple. Cada variedad ocupó un área de 64 m² (4 surcos de 10 m), en la cepa caña planta, con edades entre 12 y 14 meses de edad. Las variables en estudio se muestran en la Tabla 2. Se tomaron tres muestras al azar de cada variedad, la toma de muestras se realizó utilizando la metodología por Molina y Tuero (1995), mediante la cual se calcularon los valores de las variables porcentaje de peso fresco del tallo, porcentaje de peso fresco del cogollo, porcentaje de peso fresco de la paja y se obtuvo las muestras a enviar al laboratorio para el cálculo de la materia seca y la digestibilidad.

Tabla 1. Variedades estudiadas y sus progenitores

No.	Variedades	Progenitor Femenino	Progenitor Masculino
1	C08-386	Desconocidos	Desconocidos
2	C05-307	Desconocidos	Desconocidos
3	C05-308	Desconocidos	Desconocidos
4	C05-556	Desconocidos	Desconocidos
5	C05-568	Desconocidos	Desconocidos
6	C02-554	Desconocidos	Desconocidos

Fuente: Elaboración propia

El contenido de fibra ácida detergente y lignina, se determinaron por la técnica *in vitro* de KOH en el Laboratorio del Instituto de Ciencia Animal (ICA), por el método de Kesting, (1977). La proteína bruta se determinó por la metodología empleada por Herrera et al (1980). Para el análisis de las cenizas, se emplearon las técnicas propuestas por Pérez (1990).

Se realizaron análisis estadísticos, (análisis de varianza) para conocer las posibles diferencias que se puedan establecer en la composición morfológica y química de las variedades estudiadas. Se confeccionó un análisis de conglomerados para conocer los agrupamientos de los genotipos en estudio teniendo en cuenta las variables digestibilidad, fibra ácida detergente y de lignina.

Tabla 2. Variables estudiadas, %

No.	Variables
1	Peso fresco del tallo.
2	Peso fresco del cogollo.

3	Peso fresco de hojas secas.
4	Materia seca
5	Proteína bruta
6	Digestibilidad de la Materia seca
7	Contenido de fibra Ácida Detergente
8	Contenido de Lignina
9	Cenizas

Fuente: Elaboración propia

El análisis estadístico (Anova, comparación de medias por la prueba de comparación múltiple de Newman Keuls, análisis de conglomerados) se realizaron mediante el programa computarizado Info Stat (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición morfológica de la caña de azúcar

En la tabla 3 se muestra la composición fenológica de las variedades en estudio. Cuando analizamos el porcentaje de tallo fresco, los resultados muestran que esta variable presenta diferencias significativas entre los cultivos estudiados donde las medias están entre 68 y 80 % aproximadamente.

Tabla 3. Composición morfológica de las variedades de caña de azúcar, (%)

Variedades	Tallo	Cogollo	Hojas secas
C08-386	68,40A	25,11B	6,50A
C05-307	63,97B	28,86 A	7,17A
C05-308	74,84C	18,99C	6,17A
C05-556	81,35D	13,52E	5,13A
C05-568	78,29E	16,68D	5,03A
C02-554	71,66F	20,43C	7,91A
ES±	0.741	0.636	1.448

Fuente: Elaboración propia

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Chávez (2008) al estudiar la composición fenológica de la caña de azúcar reportó valores para el porcentaje del tallo fresco de 71.80%, señalando que esta variable está sujeta a la variedad edad, ciclo vegetativo, localidad, manejo tecnológico entre otras. Dentro del esquema de selección de cultivares de caña de azúcar para la agroindustria azucarera el tallo revierte gran importancia porque es el sitio donde se concentra la sacarosa, Jorge *et al.*, (2002), para los ganaderos también resulta importante, esta fracción porque además de contener carbohidratos de fácil fermentación en el rumen, contiene carbohidratos estructurales, también fuente de energía para la alimentación del rumiante. Suárez (2002)

Los carbohidratos contenidos en el tallo maduro de la caña de azúcar en forma de azúcares fermentables pueden sustituir en su totalidad la energía que aporta aproximadamente el 65% de los cereales que se utilizan para la fabricación de pienso en la especie porcina, Mederos (2012) y Rosales (2013). En nuestro país se han diseñado tecnologías con el uso del tallo de la caña de azúcar, partiendo de transformaciones físico químicas hasta obtener un producto más completo que la materia prima que le dio origen, podemos referirnos a la saccharina, sacchara y a harinas.

Rosales (2013) reportó que en novillos alimentados con tallo fresco de caña de azúcar refiere ganancias de 605 gramos diarios de peso vivo con valores de consumo de 4,58 Kg de materia seca. Más reciente, León (2021), al evaluar 9 cultivares de caña de azúcar para la alimentación animal reportó una gran variabilidad para la variable tallo fresco, reportando medias entre el 69 % y el 82% respectivamente. Al evaluar la variable porcentaje del cogollo, se observan diferencias significativas entre las variedades en estudio, no expresan diferencias estadísticas los cultivares C02-554 y C05-308 pero si difieren significativamente con el resto de los cultivares en estudio.

Chávez (2008) planteó que el cogollo de la caña de azúcar representa una de las secciones que mejores resultados y ganancias han reportado en el peso vivo de novillos en desarrollo. Rosales (2013) planteó que el cogollo juega un papel importante en dietas basadas en caña de azúcar, ya que en un principio estas representan de 20-30 % de la planta entera que tienen un efecto positivo como fibras largas de alta calidad en el consumo voluntario y el comportamiento animal sobre todo cuando estas son verdes y frescas. Este autor reporta ganancias de peso vivo diario de 839 gramos diarios en novillos alimentados con cogollos, reportando consumos de 7.5 Kg de materia seca.

La variable porcentaje fresco de las hojas secas adheridas al tallo no mostro diferencias significativa en los cultivares en estudio. Esta fracción de la caña de azúcar es la menos importantes en el aporte de nutrientes, es el material más lignificado con valores de digestibilidad muy bajos y están en dependencia de la propiedad de auto despaje que muestran las variedades de la caña de azúcar, Jorge *et al.*, (2002)

Al estudiar de conjunto las tres variables se puede afirmar que los altos valores de la variable porcentaje de tallo responde al estadio de madurez del material en estudio (12 a 14 meses de edad), momento en el cual el cogollo mantiene un mínimo de hojas activas, y la cualidad auto despajable intrínseca en las variedades cubanas se manifiesta con mayor intensidad. Este aumento de la fracción tallo aumenta la digestibilidad de la caña en el momento que más lo necesitan nuestro rebaño, en los meses de menor disponibilidad de biomasa disponible para cubrir sus requerimientos nutricionales. Resultados similares fueron reportados por López *et al.*, (2004) al evaluar los componentes fenológicos de la caña de azúcar.

También Leal *et al.*, (1990), plantearon la existencia de diferencias significativas de la composición morfológica entre variedades, argumentando que estas son una manifestación de las características intrínsecas de cada una de ellas. Estos autores plantearon que las variedades C120-78 y C323-68 se caracterizan por perder la paja en la medida que se acercan a la madurez, mientras que C1051-73 y la C86-456 muestran una aceptable relación del tallo con respecto al cogollo y la paja. Este comportamiento demuestra que hay variedades de caña de azúcar que conservan un mayor volumen de follaje verde utilizable para el ganado.

Composición química de variedades de caña de azúcar

En la tabla 3 se muestran los valores de las variables químicas de los cultivares de caña de azúcar en estudio.

Tabla 3. Composición química de variedades de caña de azúcar, (%)

Variedades	DMS	LIGNINA	PB	FAD
C08-386	53,57 AB	9,90 A	2,67 A	46,00C
C05-307	52,76 B	9,87 A	3,09 A	51,06B
C05-308	50,96 C	5,88 C	2,84 A	41,74D
C05-556	49,26 D	7,29 B	2,77 A	53,12A
C05-568	54,94 A	9,72 A	3,24 A	47,98C
C02-554	48,75 D	7,50 B	3,77 A	50,90B
ES±	0.273	0.231	0.165	0.703

Fuente: Elaboración propia

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas (p≤0,05)

De los cultivares en estudio, cuatro superan la barrera del 50 por ciento de digestibilidad de la materia seca, siendo los mejores resultados los cultivares C05-568 con 54.94 % y la C08-386, con el 53,57 % respectivamente. Los cultivares C05-556 y C02-554 reportan los valores más bajos, ambos por debajo del 50 % de digestibilidad de la materia seca.

La digestibilidad de la materia seca de la caña de azúcar tiene una estrecha relación con los carbohidratos soluble. El contenido de materia seca de la caña de azúcar madura es de aproximadamente 30% y una vez madura conserva su valor nutritivo en el tiempo siempre que no sea afectada por heladas. Esto se explica por el aumento de azúcares fácilmente fermentables que compensan la disminución de la digestibilidad producida por la mayor lignificación (Guerra, 2013).

La digestibilidad de la materia seca tiene mucha importancia al recomendar cultivares de caña de azúcar para la alimentación animal. Autores como Molina y Tuero (1995), Suárez (2002), López (2004), Jorge (2009) recomendaron cultivares de caña de azúcar con valores de digestibilidad superior al 50 %. También Suárez (2002) planteó que cuando existen diferencias en el orden del 15 % de digestibilidad entre dos variedades, la de mayor valor incorpora entre un 25 % y un 40 % más de nutrimentos,

reflejándose en esa magnitud en incrementos de carne y leche.

Fibra Acida detergente y Contenido de lignina

Los resultados que se exponen de las variables fibra acida detergente y lignina merecen ser explicadas relacionándolas porque su participación en el valor nutritivo de la caña de azúcar. La fibra ácida detergente muestra una variabilidad muy alta, solo los cultivares C02-554 y C05-307 no difieren entre sí y ambos defieren con el resto de los cultivares en estudio. El contenido de lignina no muestra diferencias entre los cultivares C08-386, C05-307 C05-568 pero si difieren del resto de los cultivares en estudio.

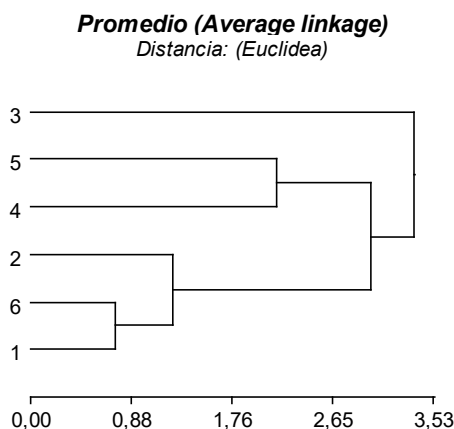
El contenido de fibra ácida detergente y lignina mantienen una relación inversa con la digestibilidad de la materia seca. Esta variable también influye en el consumo voluntario de los animales a menor tenor de fibra aumenta la cantidad de alimento consumido por los rumiantes. También autores como Martín (2005) y Feednet (2014), mostraron que a medida que aumenta el contenido de fibra ácida detergente disminuyen los valores de la digestibilidad de la materia seca.

Los resultados que se muestra la tabla 3 respecto a la proteína bruta reafirman que la caña de azúcar es un alimento energético por excelencia, por los valores tan bajos que se reportan sin determinar diferencias entre las variables en estudio. Resultados similares fueron reportados por López et al., (2004) y Suárez (2002).

Análisis de conglomerados

Según el dendograma de análisis de conglomerados (figura 1), con una parada del clúster por el umbral 2.45 de la distancia Euclidiana, permitió visualizar la formación de 3 grupos de cultivares a partir de las variables que se incluyeron en el análisis (digestibilidad de la materia seca, fibra ácida detergente y de lignina).

Fig.ura 1. Dendograma con las seis variedades estudiadas



En el mismo se destaca el tercer grupo con valores superiores de digestibilidades de la materia seca superiores al resto de los grupos conformados, distinguiéndose

también en los valores de fibra acida detergente y contenido de lignina.

Al realizar análisis estadístico a los grupos formados para evidenciar diferencias estadísticas (Tabla 4) se corrobora los resultados mostrados en el análisis de conglomerados.

Tabla 4. Agrupamiento por variedades y los valores medios de las variables en estudio

Grupos	Variedades	DMS	LIGNINA	FAD
1	C05-308	50.96B	7.40B	40,98B
2	C05-556, C02-554	49.01B	9.83C	52,01A
3	C05-307, C05-568, C08-386	53.76A	5.61C	48,35A
ES±		0.681	0.048	4.33

Fuente: Elaboración propia

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

El grupo 3 muestra diferencias estadísticas en la variable digestibilidad de la materia seca, reportando las medias más altas (53.76 %) La fibra acida detergente no muestra diferencias significativas entre los grupos 1 y 2 pero ambas si difieren con el grupo uno, mientras que la variable lignina muestra resultados similares.

CONCLUSIONES

El estudio de la composición morfológica, expresada en el porcentaje de tallo, cogollo, y hojas secas, demostró que existen diferencias significativas entre las variedades de caña de azúcar en estudio.

La determinación de la composición química de las variedades de caña de azúcar permitió definir diferencias significativas entre las variables digestibilidad de la materia seca, fibra ácida detergente, lignina, no así con los valores de la proteína bruta.

El análisis de conglomerados permitió formar tres grupos bien definidos, entre los cuales el conformado por los cultivares C05-307, C05-568, C08-386 (Grupo 3) presentan los mejores valores para ser recomendados para la alimentación animal.

RECOMENDACIONES

Proponer a los productores ganaderos las variedades C05-307, C05-568, C08-386 para ser utilizadas en la alimentación de rumiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A. (2014). Grupo de caña – AZCUBA. Competir en el mercado implica reducir costos en la caña. En CD Jornada Científico Productiva 50 Aniversario del INICA
- Arias, A. (2010) Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería* (02)2, 42–45.

- Burnquist, W.L. (2013). Sugarcane research and development, a view from the private sector. *Proceeding International Society Sugar Cane Technologists*, (28), 8.
- Chaves, M. (2008). Uso de la caña de azúcar como forraje. *Revista Especializada, Ventana Lechera*. San José, Costa Rica, Ed. No. 10, Año 3: 45-51.
- FAO. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAOSTAT. Statistics Division. <http://faostat.fao.org>.
- Feednet (2014). Curso de nutrición animal. Formas de expresar el contenido de fibra. <http://www.Feednet.ucr.ac.cl/bromatologia/fef.htm>.
- García, Margarita. (2011). La reestructuración del modelo cubano de seguridad alimentaria y el papel del territorio. *Economía y Desarrollo*, (146) 1, 143-161. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425541315009>.
- Guerra, S; C. (2013). Sitio Argentino de producción animal. Que debemos tener en cuenta para incorporar la caña de azúcar en la dieta de los animales. <http://www.ProducciónAnimal.com>
- González, Maribel. (2014). La caña de azúcar. Características fisiológicas. Capítulo 1. En: Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar, 2da Ed., Santana, I.; Maribel González; S. Guillén; R. Crespo (eds.), *Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar*, 17-28.
- Hernández, A; Pérez, J; Ortega, O; Ávila, L; Cárdenas, A; Marrero, A; y Companioni, N; (1975): Clasificación genética de los Suelos de Cuba. *Revista Agricultura VIII* (1), 47-69.
- Info Stat (2009).Info Stat version 2009.Grupo Info Stat,F-CA,Universidad Nacional de Córdoba,Argentina
- Jorge, H., Suárez, O., García, H., Ibis Jorge., Leyda Benítez., Vera, A. (2009) Diversificación de las variedades de caña de azúcar en la alimentación y sostenibilidad del ganado vacuno. No. 2
- Jorge, Héctor; Jorge, Ibis; Bernal, Norge; Cabrera, Lorenzo; González, Felipe; González, R; Santana, R; Santana I; Castro, Sergio; y Tuero, Susana (2002): Avances del programa de Fitomejoramiento en Cuba. Impacto en la Agroindustria Azucarera. Diversificación 2002. Memorias Tomo III. Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la caña.
- Karin, B. (2010). Economic importance. (Ed.). Cane and Sugar Production. Punjab Agricultural Research Board.
- Kesting, V. (1977). Uber nevere Ergebnisse zur vesbesirung des in vitro methoder zur schazung der verlay lichkeic. Vor- tragstogung des gesellsahfl fyr Er& brung der DDR, Secktion Tierenok- rung, (1),306, Leipzig
- Leal, C.P.P.; Cabrera, M.L. & Chinea, M.A. (1990). Caracterización y manejo de las variedades de caña de azúcar en la provincia de Matanzas. EPICA «Antonio Mesa Hernández». Matanzas. *Revista INICA*. 4, 22 – 26.
- López, Y; Ramírez, J; Nieves, K; Fonseca, L. (2004). Valor nutritivo de variedades de caña de azúcar para forraje. *Revista Pastos y Forrajes*, (27)3, 34.
- Martín, P. (2005). Uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. *Revista cubana de ciencias agrícolas*. ICA. (39) 427-438.
- Mesa, J.M.; González, R.; Rodríguez, Mérida; Hernández, G.A.; Jiménez Ana Lidia; García, H.,González, R.; Almeida, R.; Guillén, S.; Alfonso, Isabel; Díaz, F.R.; Torres, Isabel. (2016).XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. *Revista Cuba Caña, Suplemento Especial*: 1-48.
- Mesa, N. G. (2011).Recomendación de variedades de caña de azúcar para la alimentación y sostenibilidad del rumiante. [Tesis en opción del grado científico de Máster en Ciencias de la Producción de Rumiantes]. 74.
- Meyer, J.; Clowes, M. (2011). Sugarcane and its environment. En: Good management practices manual for the cane sugar industry, Meyer, J., Rein P., P. Tuner and K. Mathias (eds.) International Finance Corporation (IFC), World Bank Group, Prepared by PGBI Sugar & Bio-Energy, *South Africa*. 14-57.
- Mederos, C (2012). Uso de la caña de azúcar en la alimentación de cerdos ganadería, desarrollo sostenible y medio ambiente. Instituto de Investigación Porcina (IIP). [www.actaf.com.cu.alimentacion para los cerdos](http://www.actaf.com.cu.alimentacion%20para%20los%20cerdos).
- Milton, B.; Alvin, J.; Deise, X. y Ferreira, P. 2001. Gramíneas tropicales de Potencial forrajero. *Rev. Balde*. XXXVII (442) 56-61.
- Morales, C. A. (2013). Evaluación del efecto y residualidad de Bacillus thuringiensis (Vecto Bac G) en el control de Aedes aegypti vereda Bocas del Palo, Municipio de Jamundí (Valle del Cauca). *Revista Icosan*.
- Molina, A; Tuero, O; (1995). Selección de variedades de caña de azúcar para el ganado vacuno. *Revista ACPA*, 2, 21.
- Pérez, D.M. (1990).Técnicas de laboratorio para el análisis de minerales en los forrajes. Manual de técnicas de investigación en Ruminología: Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C. México.
- Preston R, T; (1989). Utilización de la Caña de Azúcar en la alimentación animal. *En la caña de azúcar como pienso*. 72, 71-80.

Suárez, O. J. (2002). Variedades de caña de azúcar para la alimentación del ganado vacuno. [Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias de la Producción de Rumiantes].

Urdaneta, J. (2011). La caña de azúcar. Una opción para el ganadero. www.avpa.ula.ve/

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.